

Desarrollo, crecimiento y producción de cultivos en agricultura orgánica y convencional

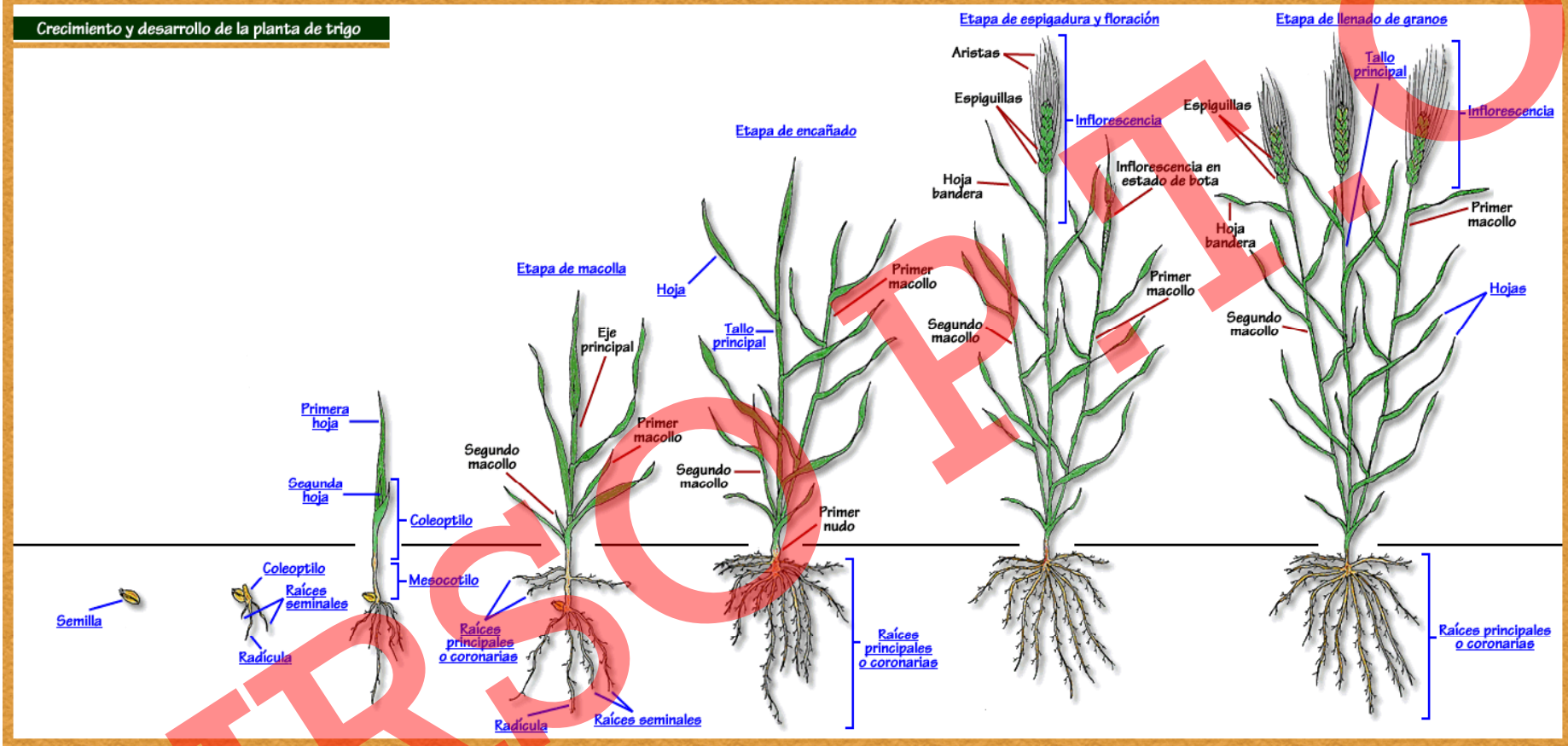
Dr. Alejandro del Pozo
Facultad de Ciencias Agrarias
Universidad de Talca



Temas

- Desarrollo y crecimiento de un cultivo
- Influencia de factores abióticos (suelo y clima) en desarrollo y crecimiento de un cultivo
- Cambio climático y desarrollo-crecimiento de cultivos
- Análisis comparativo de sistemas productivos, en agricultura orgánica y convencional.
- La agricultura orgánica en un contexto de cambio climático

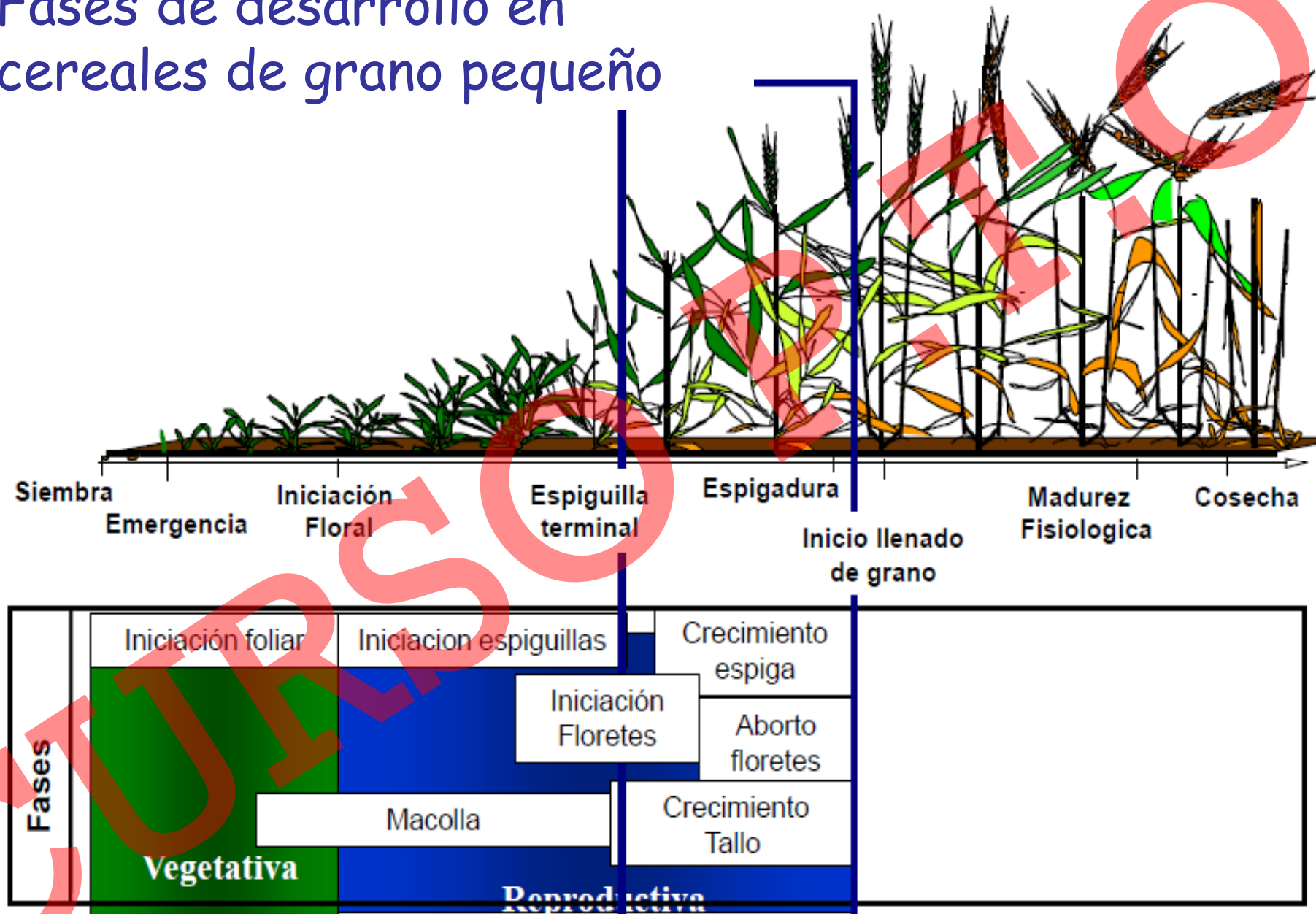
Crecimiento y desarrollo de la planta de trigo



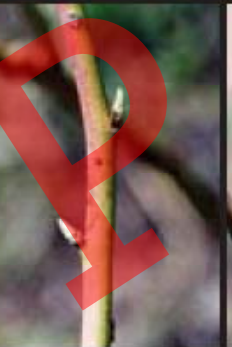
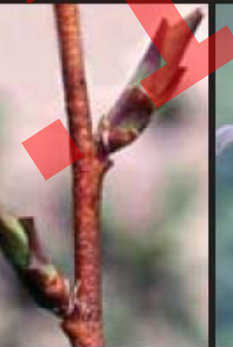
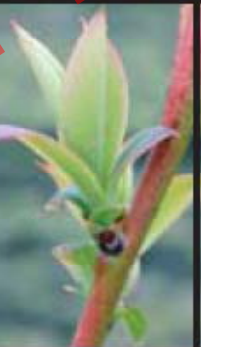
Desarrollo:

- Es el proceso de *diferenciación* que ocurre a lo largo del ciclo de vida de un cultivo.
- Se caracteriza por una serie de periodos discretos, cada uno identificado por cambios cualitativos de formas y funciones de la planta, que se producen desde que se siembra hasta que madura o se cosecha.

Fases de desarrollo en cereales de grano pequeño



Fases de desarrollo en arándano

Desarrollo yemas florales				Desarrollo yemas hojas		
Tight bud	Bud swell	Bud break	Tight cluster	Early green tip	Late green tip	Shoot expansion
						

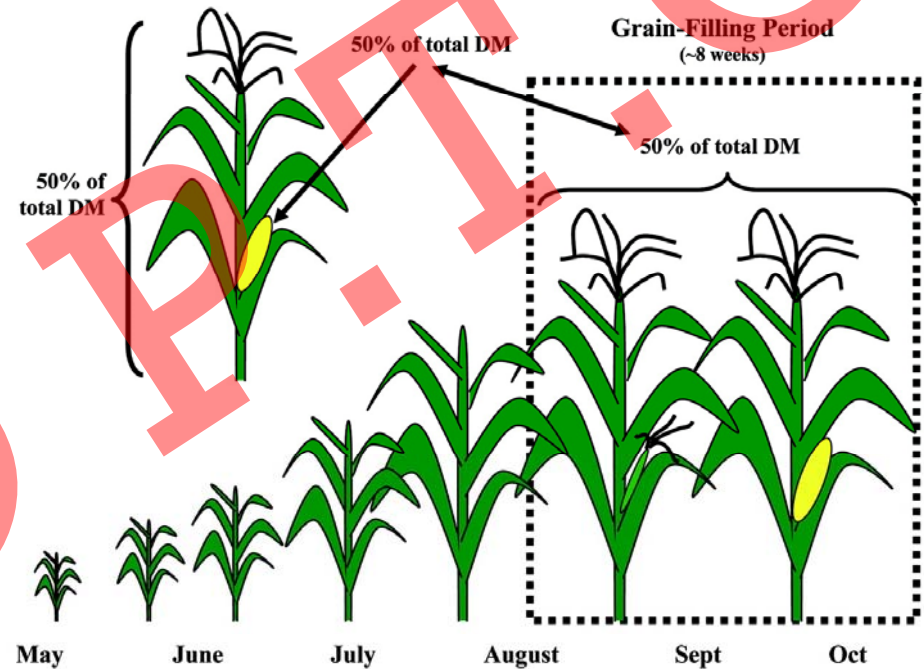
Desarrollo de flores				
Early pink bud	Late pink bud	Early bloom	Full bloom	Petal fall
				

Fases de desarrollo en arándano

Desarrollo del fruto				
Green fruit	Fruit coloring	~25% blue	~75% blue	Bud set for following year
				

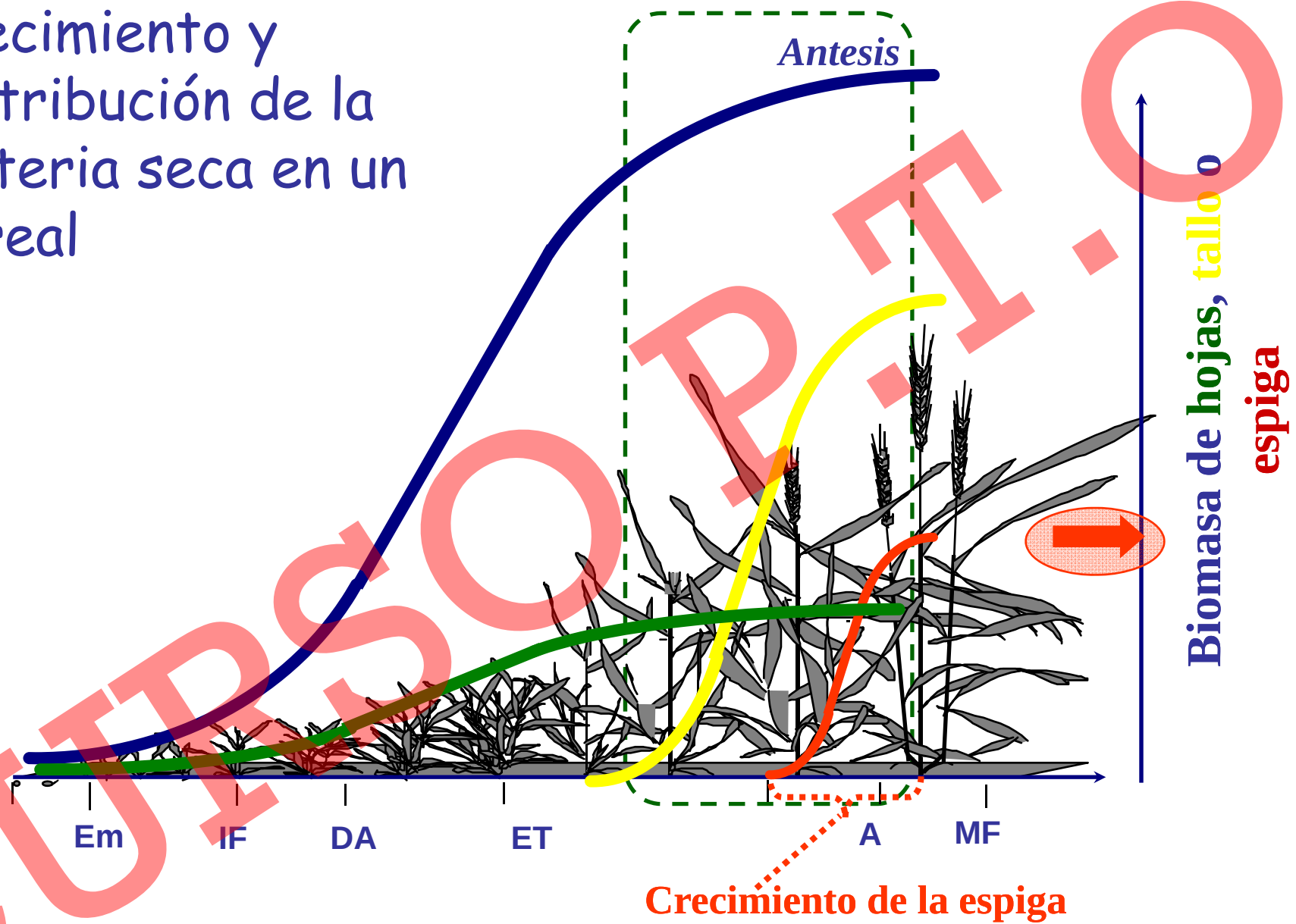
Crecimiento:

- Es la acumulación de biomasa a través del tiempo, como resultado de la asimilación de CO_2 , agua y nutrientes.

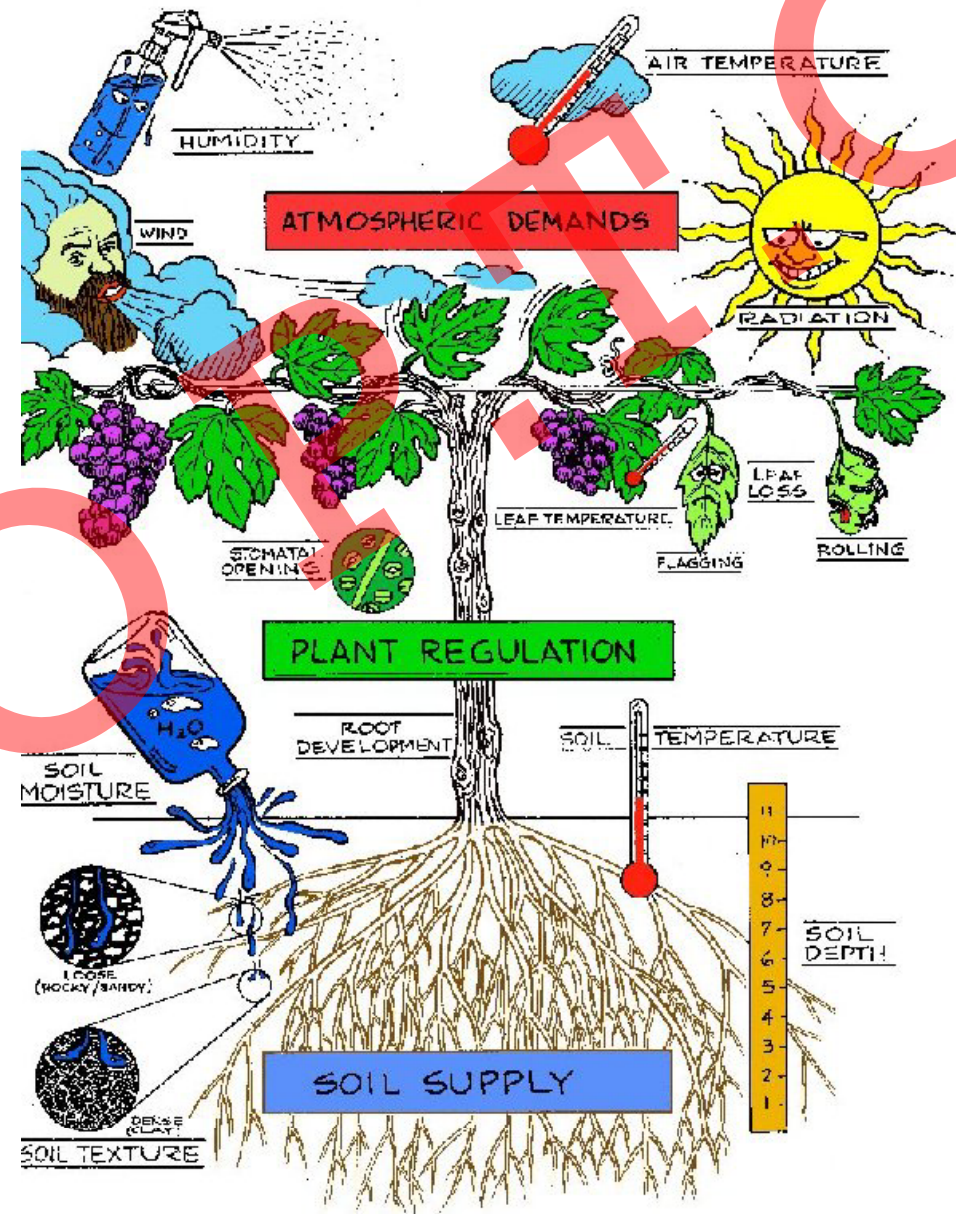


El crecimiento de la planta se puede analizar en términos de aumento de la materia seca y su distribución entre los distintos órganos, tanto aéreos como subterráneos.

Crecimiento y distribución de la materia seca en un cereal



Tanto el desarrollo como el crecimiento de las cultivos son afectados por factores ambientales



Factores ambientales que afectan el desarrollo y crecimiento de cultivos

Desarrollo

- Temperatura
- Vernalización
- Fotoperiodo

Crecimiento

- Temperatura
- Radiación
- Agua
- Nutrientes
- CO_2 ambiental

© Original Artist
Reproduction rights obtainable from
www.CartoonStock.com



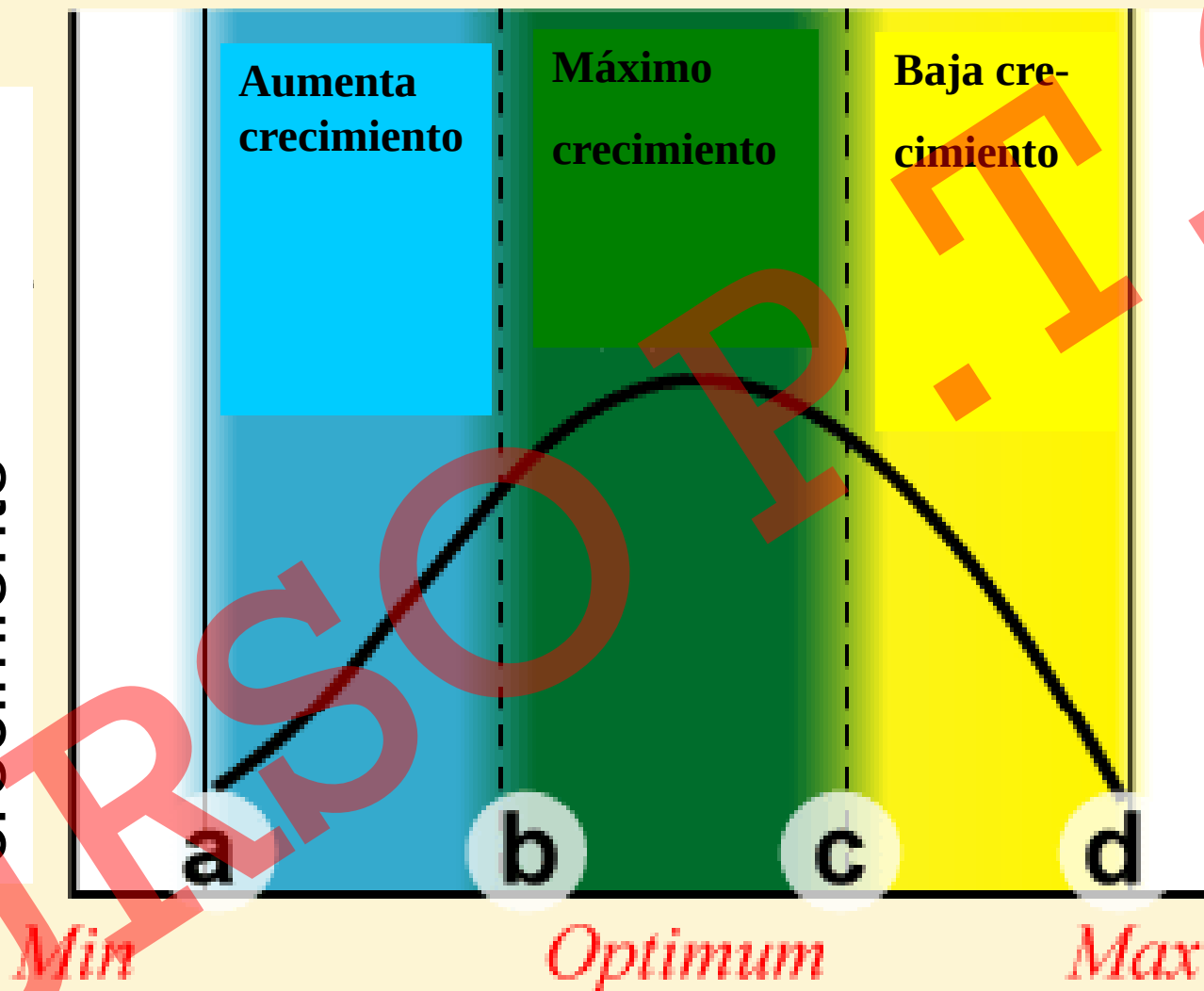
Search ID: ear0062

*Si no te has tomado las vitaminas,
qué has hecho con ellas?*

Temperatura

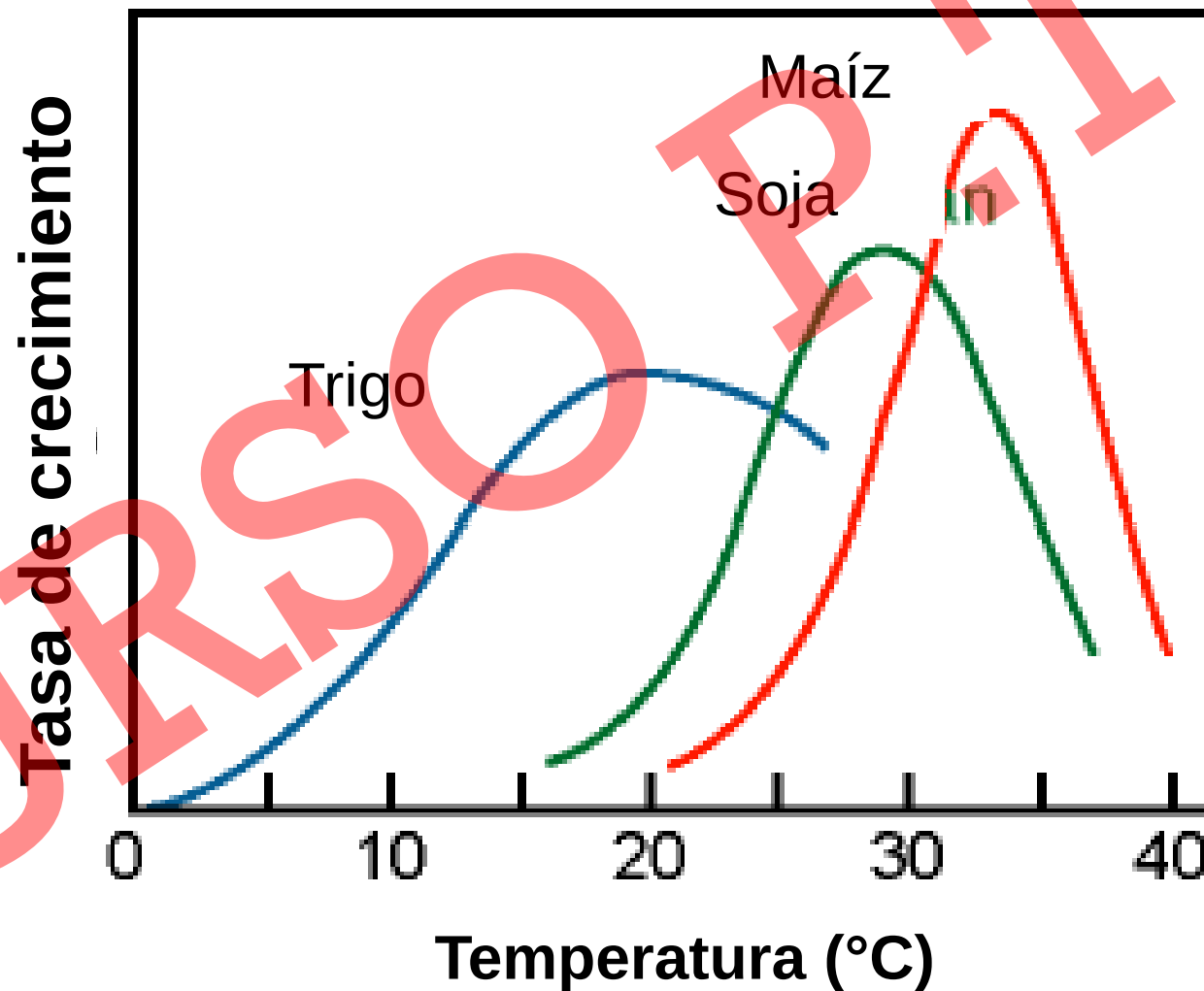
- La temperatura afecta el **crecimiento y desarrollo** de cultivos
- Afecta múltiples procesos en la planta como:
 - Fenología
 - Fotosíntesis y respiración
 - Absorción de nutrientes
 - Dormancia de semillas y de yemas
 - Inducción floral por frío

Tasa de desarrollo o
crecimiento

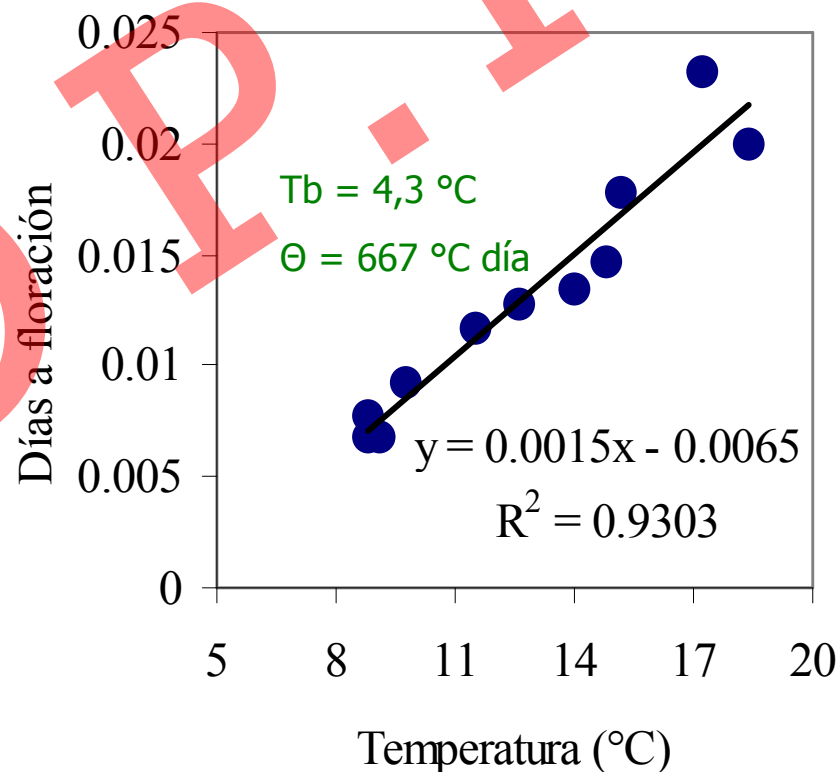
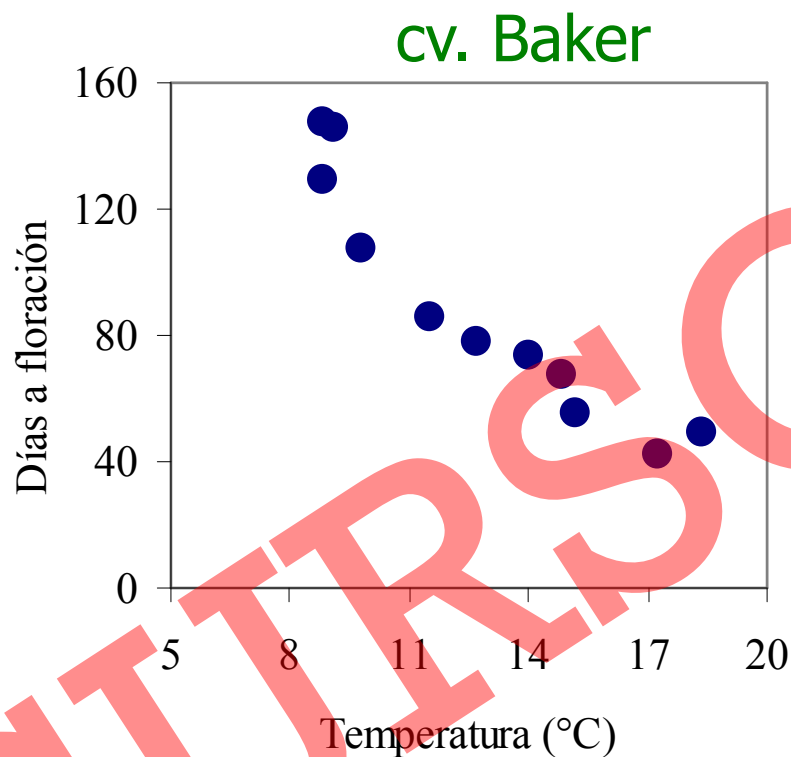


Temperatura

Efecto de la temperatura en el crecimiento de trigo, maíz y soja

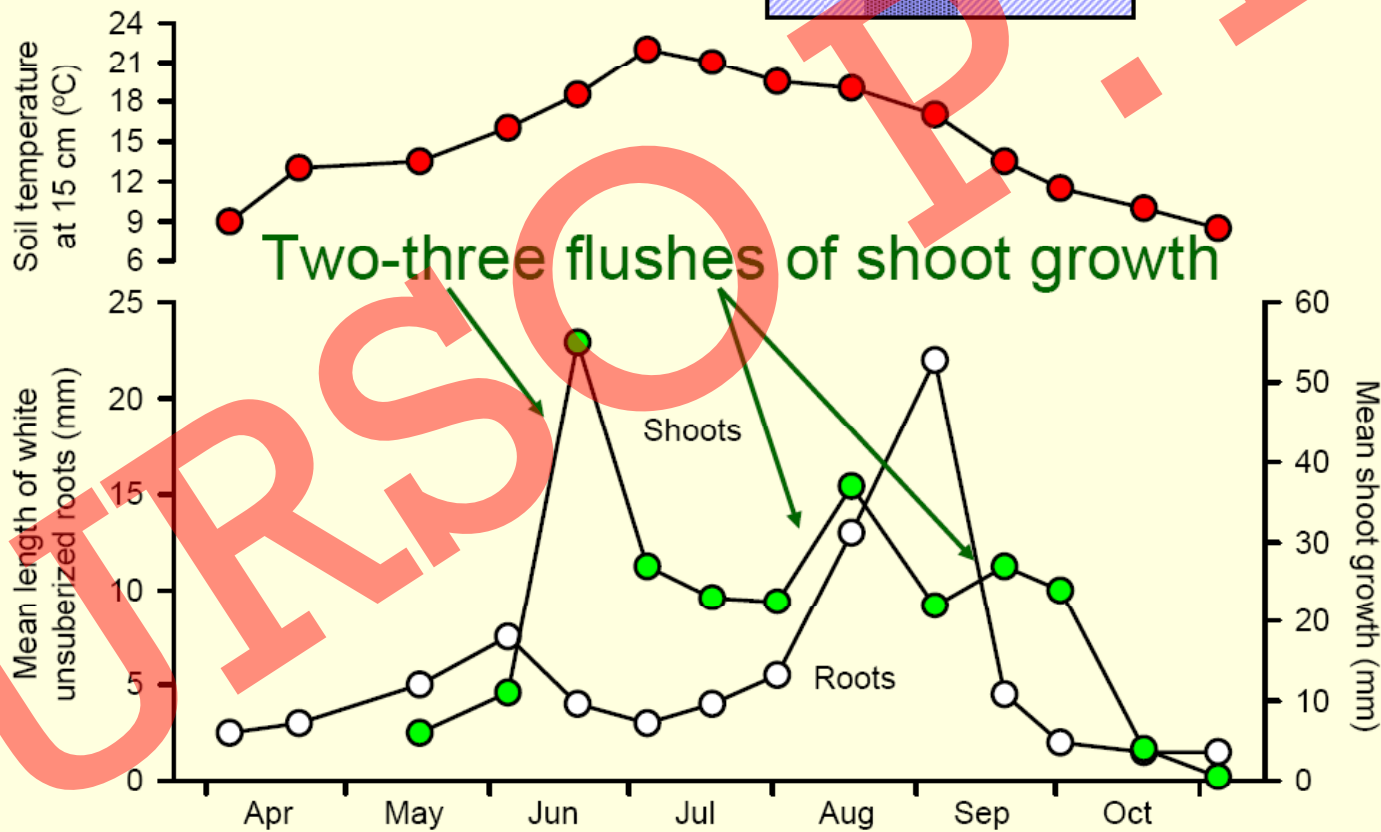
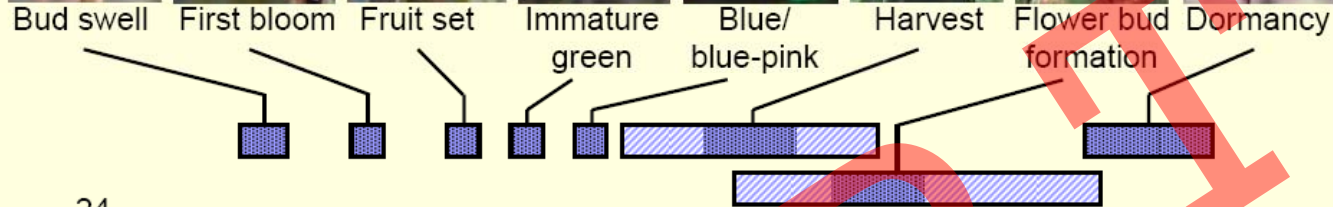


Efecto de la temperatura en los días a floración de espicana (*Spinacia oleracea* L.)



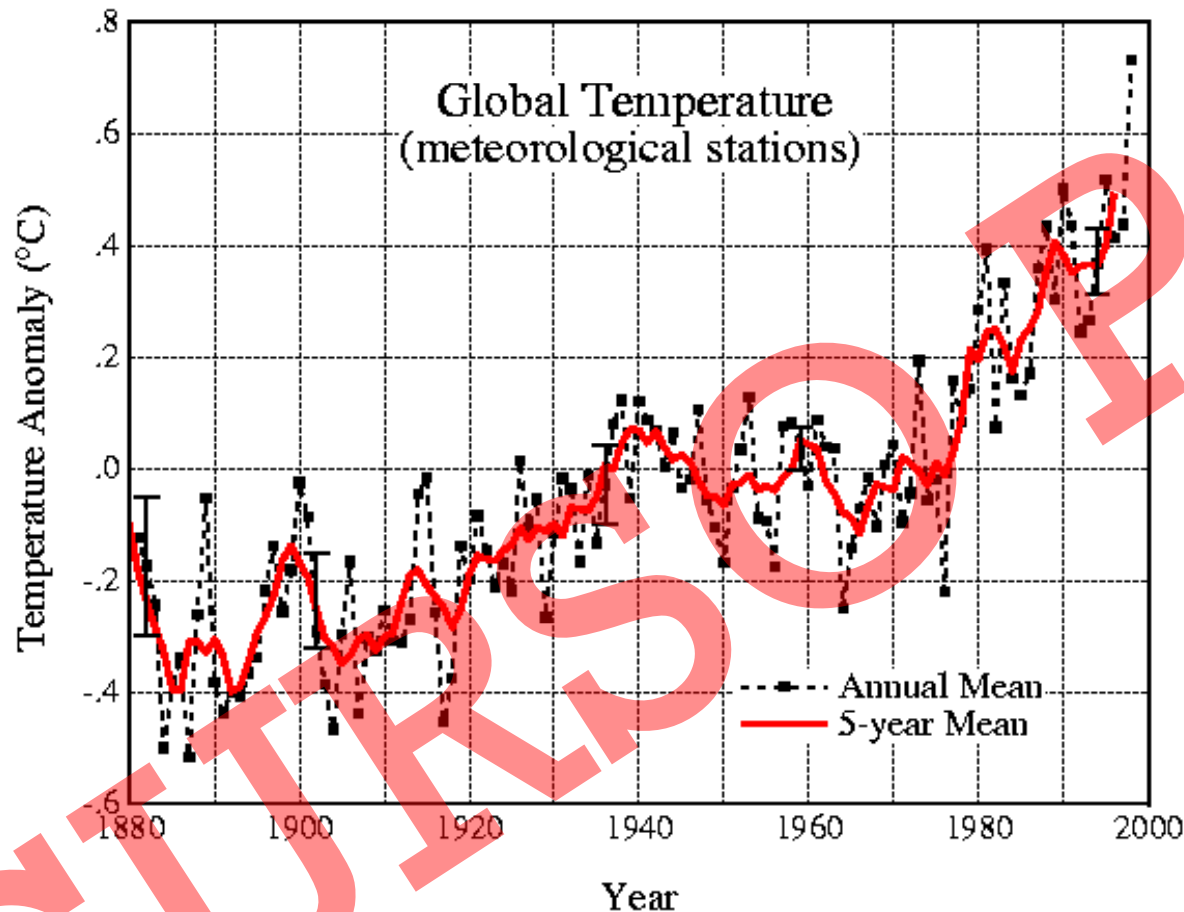
Fuente: González, del Pozo et al., 2004

Agric. Téc. 64:331-337.



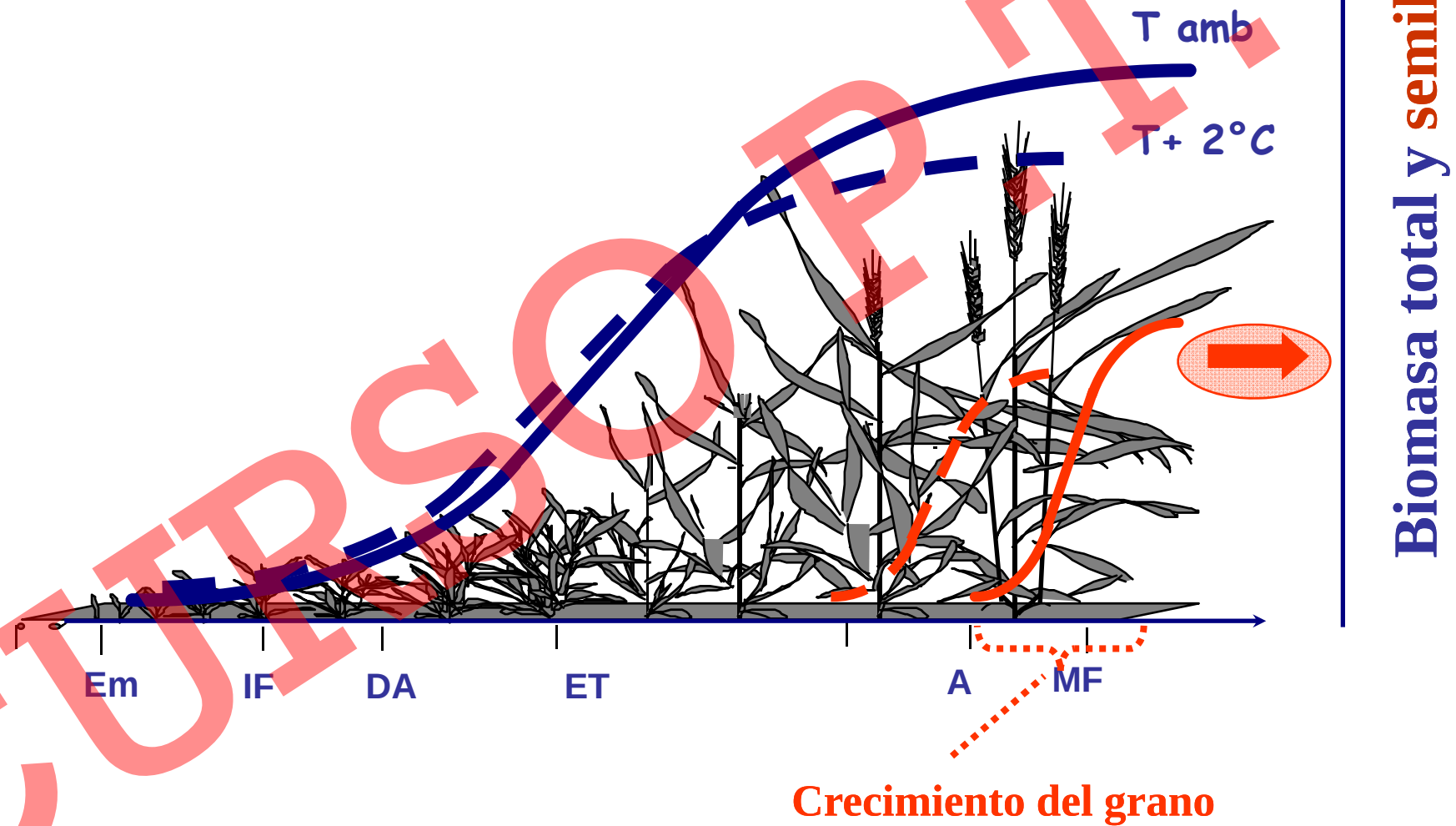
Abbott & Gough (1987)

Cambio climático global: aumento de T°



Temperatura media global relativa al periodo 1951-1980 (14°C), basado en registros de estaciones meteorológicas.

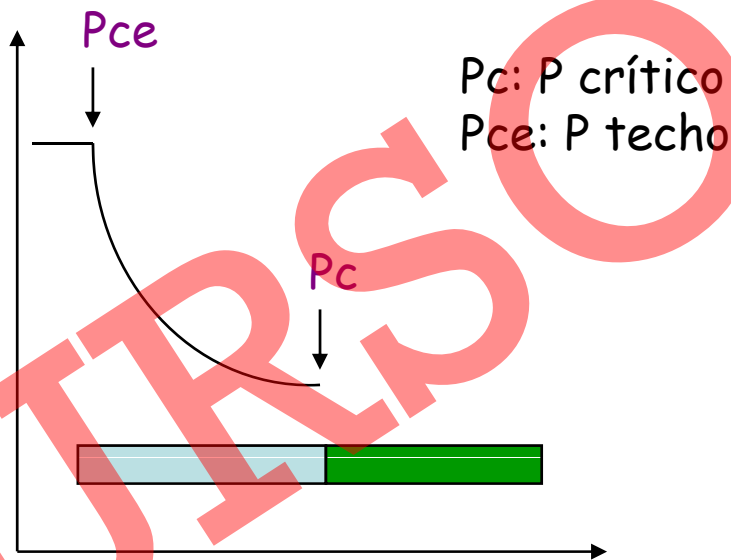
Aumento de temperatura y productividad de cultivos



Efecto del fotoperíodo en los días a floración de plantas de día largo

Respuesta de día largo:

Días a floración (d)

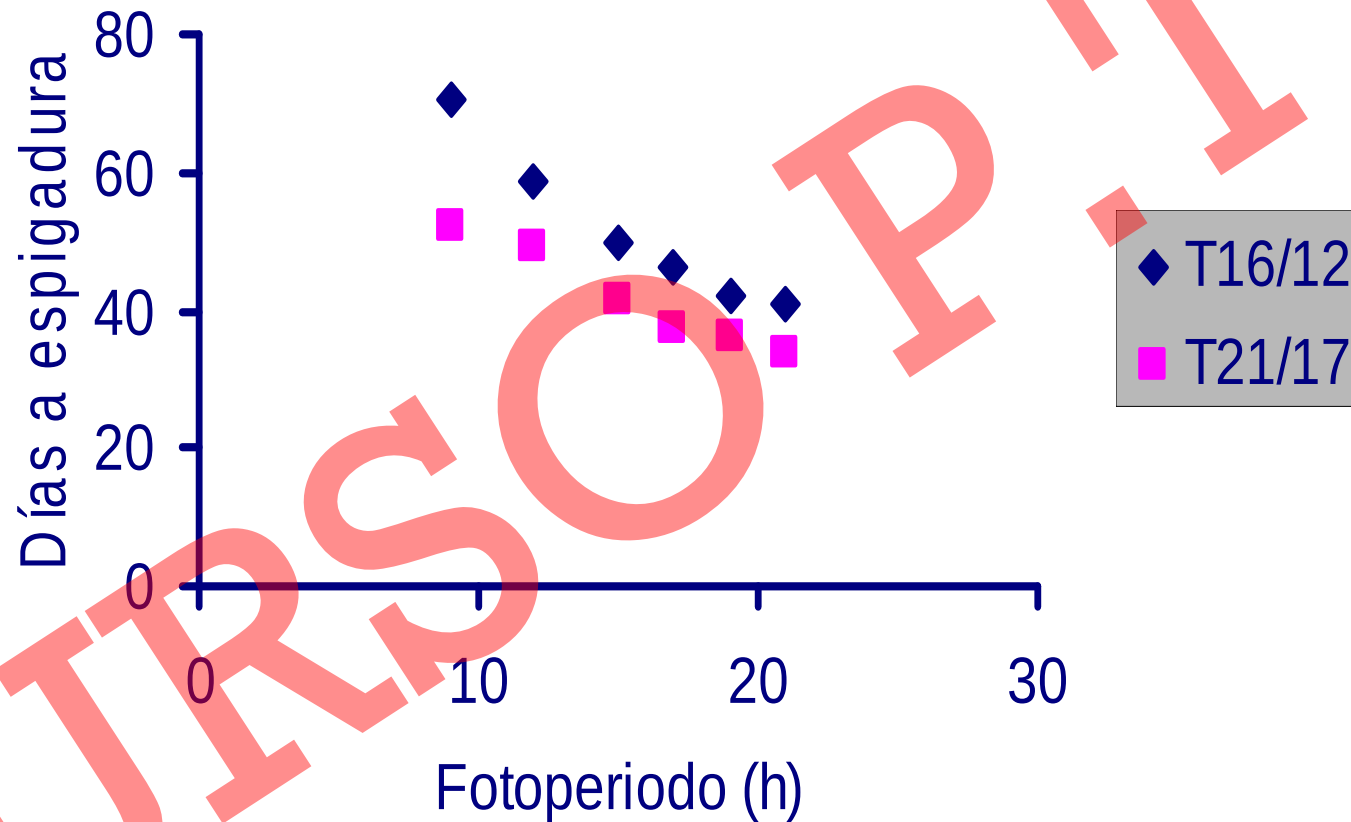


Largo del fotoperiodo (h)

- A medida que se alarga el día (mas horas de luz) se acelera el proceso de floración

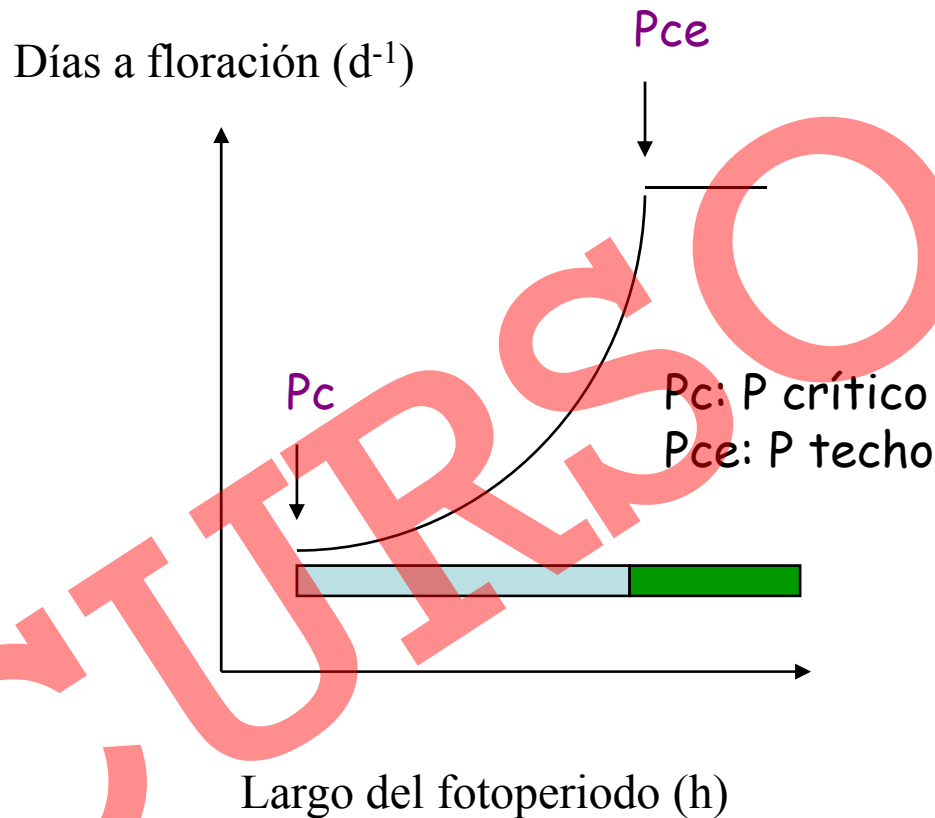
- Ejemplos, trigo, cebada, lupino

Efecto de la temperatura y del fotoperiodo en los días a espigadura en trigo



Fuente: Slafer y Rawson (1995)

Efecto del fotoperíodo en los días a floración en plantas de día corto



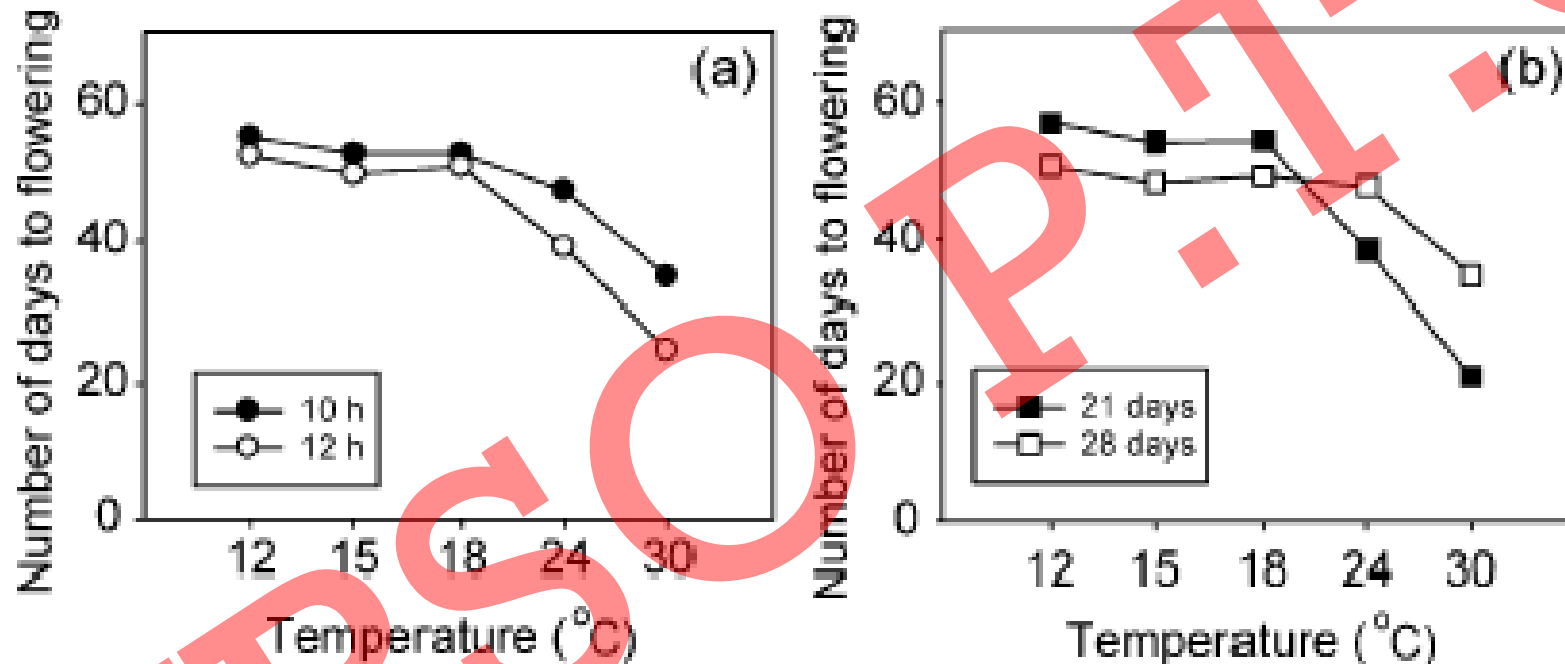
Respuesta de día corto:

- A medida que se alarga el día (mas horas de luz) se retrasa el proceso de floración

- Ejemplos, maíz, poroto, soja

Interacción Temperatura y Fotoperiodo en *Fragaria x ananassa*

M.J. Verheul et al./Scientia Horticulturae 107 (2006) 164–170

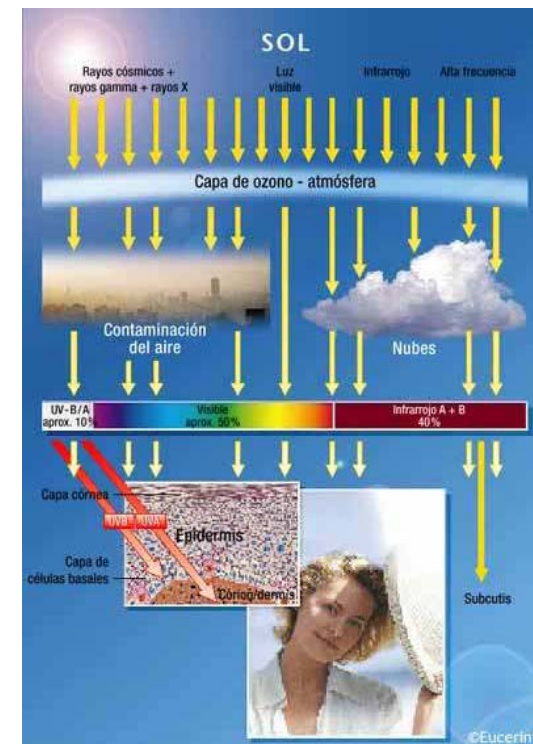
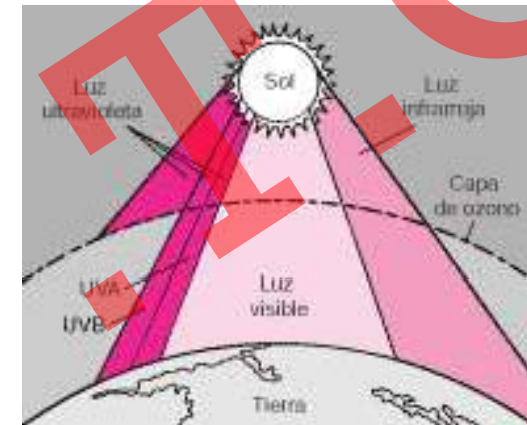


- Efecto de diferentes temperaturas y fotoperiodos (10 y 12 h) durante 21-28 días en los días a floración de frutilla cv. Korona.
- Luego del periodo inductivo las plantas se hicieron crecer en un invernadero con 20 h de fotoperiodo y 15/18 °C día/noche.
- Con fotoperiodos de 16, 20 o 24 h durante el periodo inductivo no hubo floración.

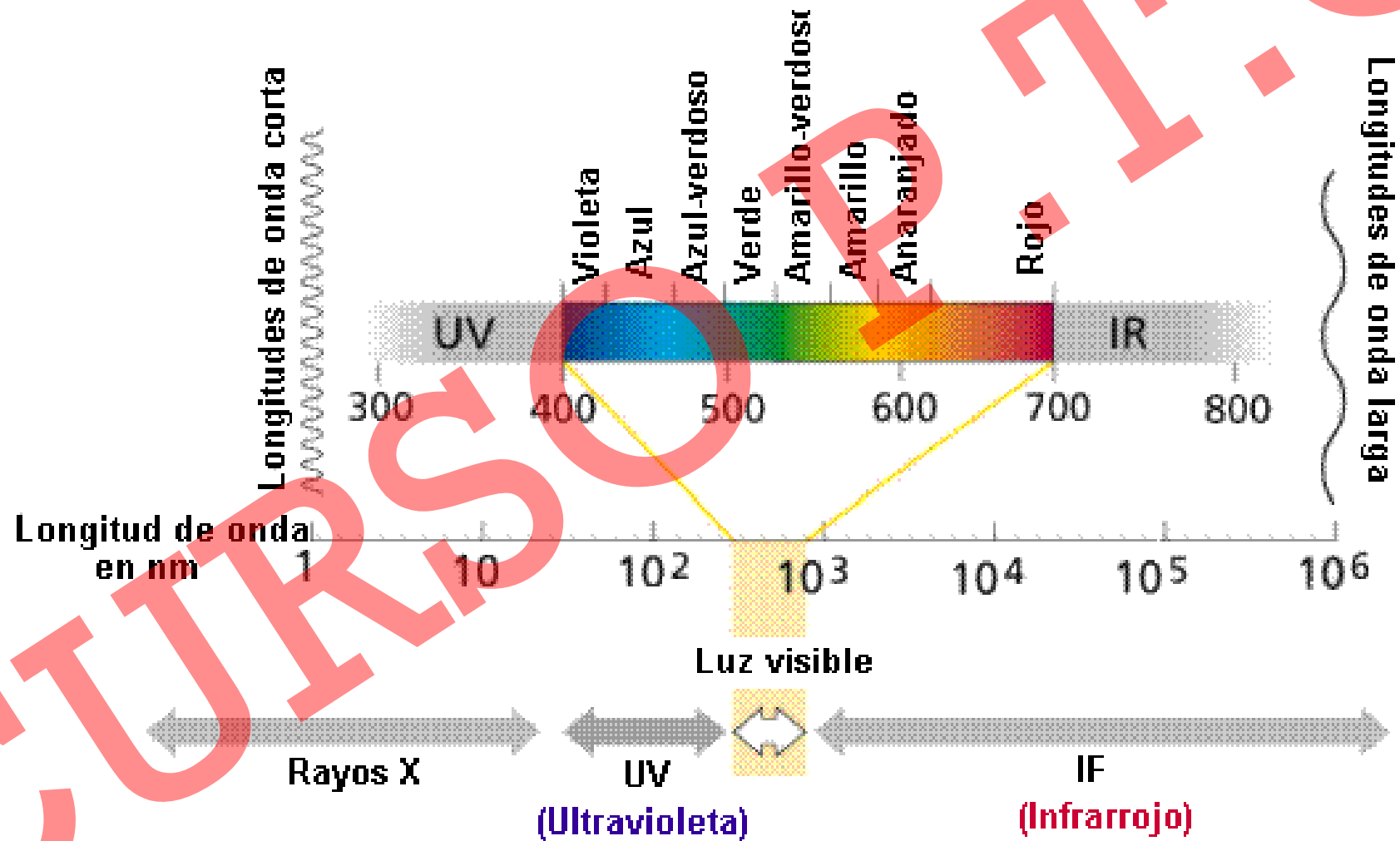
Radiación solar

- La radiación solar está compuesta por radiaciones de distintas longitudes de onda, constituyendo el espectro electromagnético.
- Al pasar por la atmósfera, los rayos son filtrados y cambia la importancia relativa de los diversos componentes de la radiación solar.

Radiación	Composición de la radiación (%)	
	Entrada a la atmósfera	Entrada a la biosfera
Ultravioleta	9,2	2,0
Visible (luz)	42,4	54,0
Infrarrojo	48,4	44,0
Total	100,0	100,0



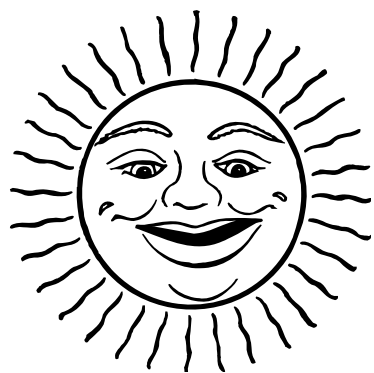
Composición de la radiación solar



Radiación y productividad

- La radiación tiene directa incidencia en:
 - Balance de energía de la planta
 - En la tasa de fotosíntesis de las hojas y del cultivo
 - En la tasa de crecimiento del cultivo y en la materia seca acumulada.

¿Qué fracción de la radiación
incidente es interceptada por un
cultivo?



Radiación reflejada

Radiación interceptada



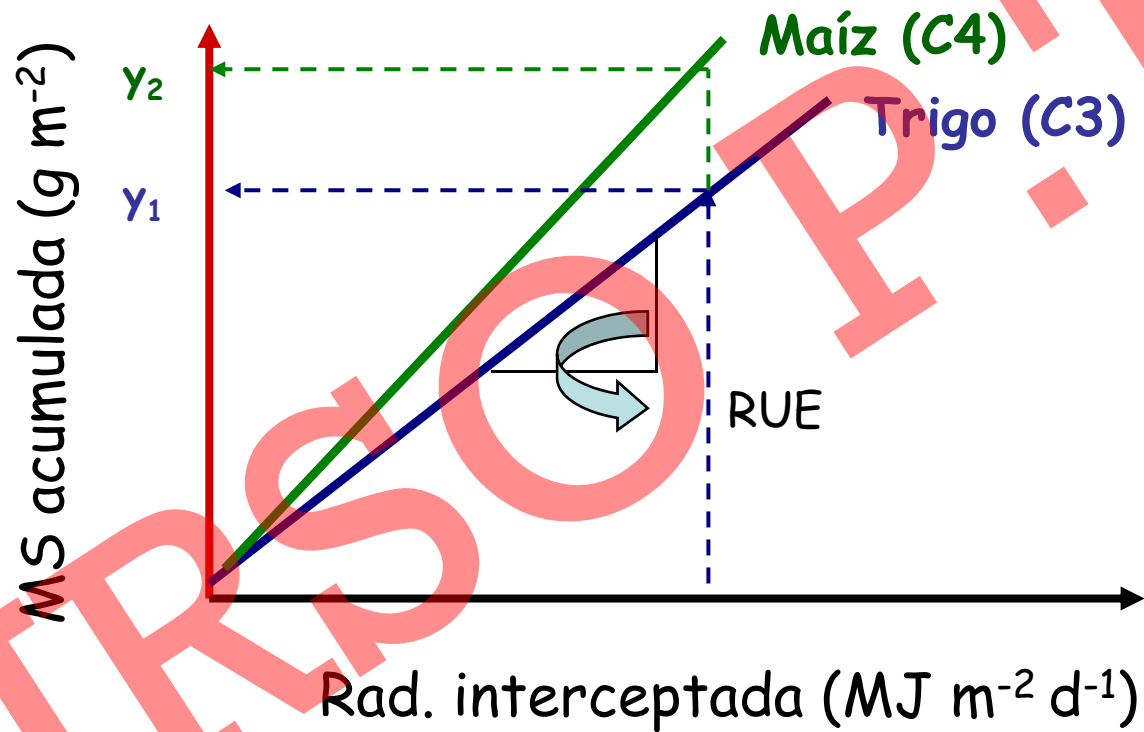
Radiación transmitida

Radiación interceptada por un cultivo

- La radiación fracción de la RFA que interceptada (FRI) por el cultivo es función de:
 - El índice de área foliar (IAF)
 - Del coeficiente de extinción de la RFA (k).
 - De la RFA incidente



Relación entre RFA interceptada y materia seca



La productividad de un cultivo como una función de la radiación interceptada

$$MS = RADi \times RUE$$

MS es el la materias seca producida

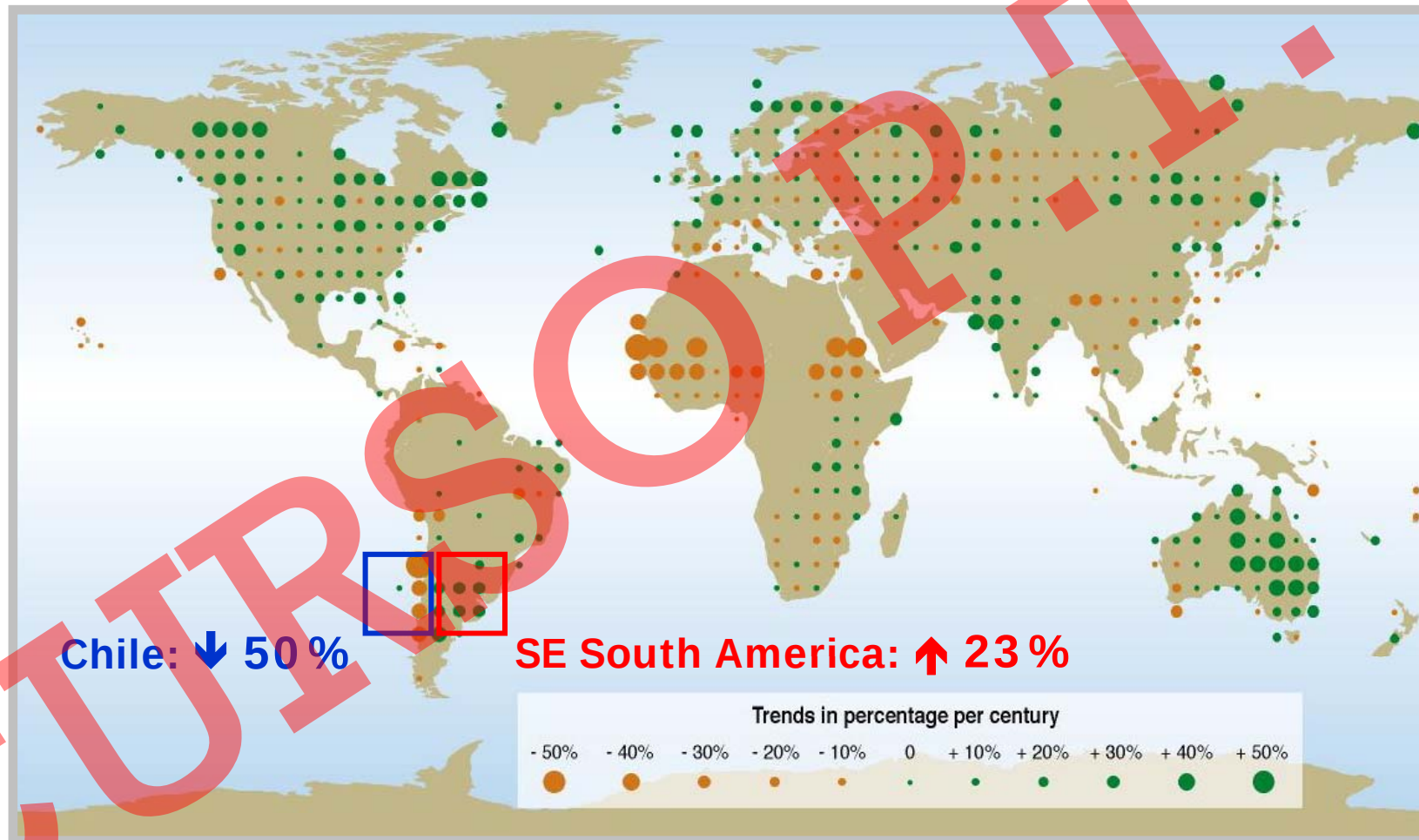
RADi es la radiación interceptada

RUE es la eficiencia de uso de radiación

Agua

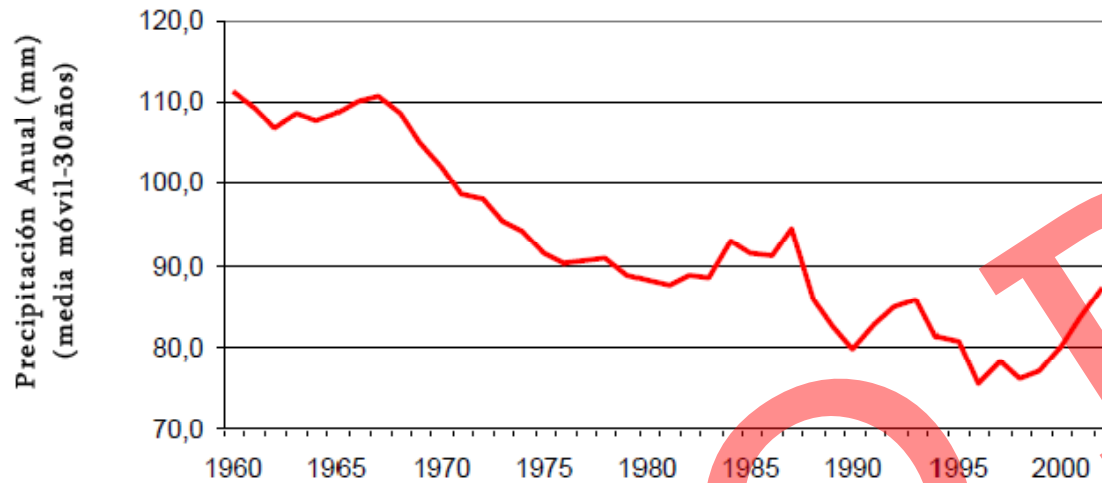
- El agua es un solvente para iones y moléculas polares
- Evaporación
- Transpiración
- Absorción de nutrientes

Cambio global en precipitaciones: 1900-2000



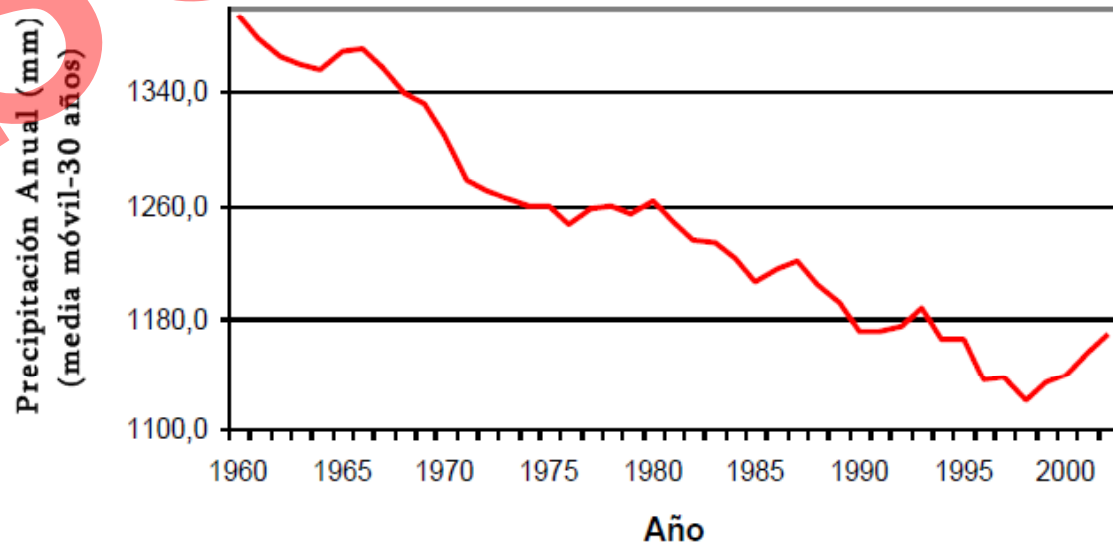
En Chile las precipitaciones están decreciendo

La Serena 1930-2002

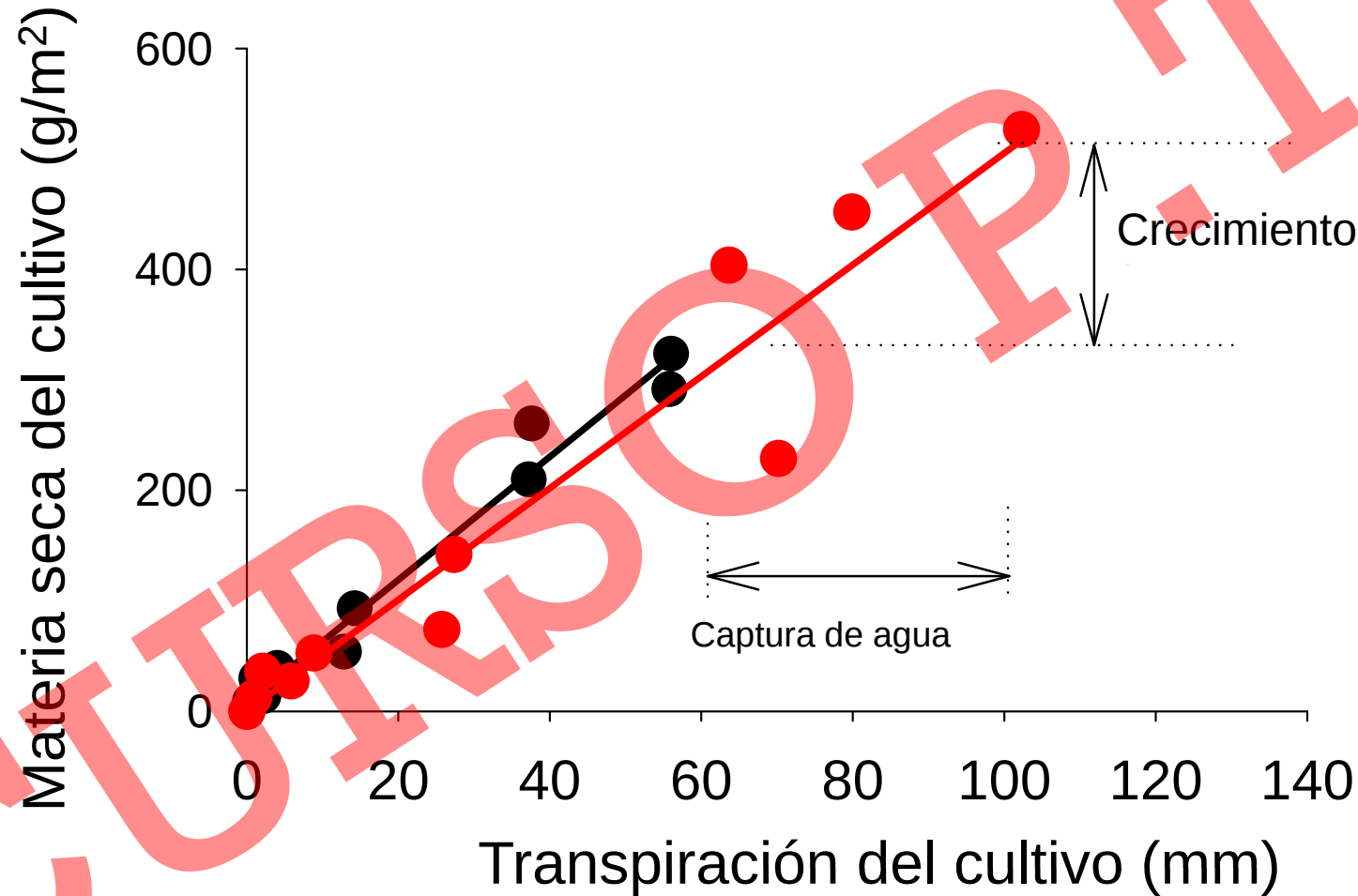


Santibáñez (2010)

Concepción 1930-2002



Relación entre transpiración y productividad de los cultivos



$$W = \frac{\text{Biomasa acumulada}}{\text{Volumen de agua consumida}}$$

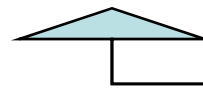
Biomasa acumulada:

- Tasa de asimilación de CO_2 (A).
- Producción total de biomasa (B).
- Rendimiento de grano (G).

Volumen de agua consumida

- Tasa de transpiración (T).
- Evapotranspiración (ET)
- Total de agua ingresada al sistema (I).

La escala de tiempo para definir la eficiencia de uso de agua puede ser el instante (i), diaria (d) o una temporada de crecimiento (S).

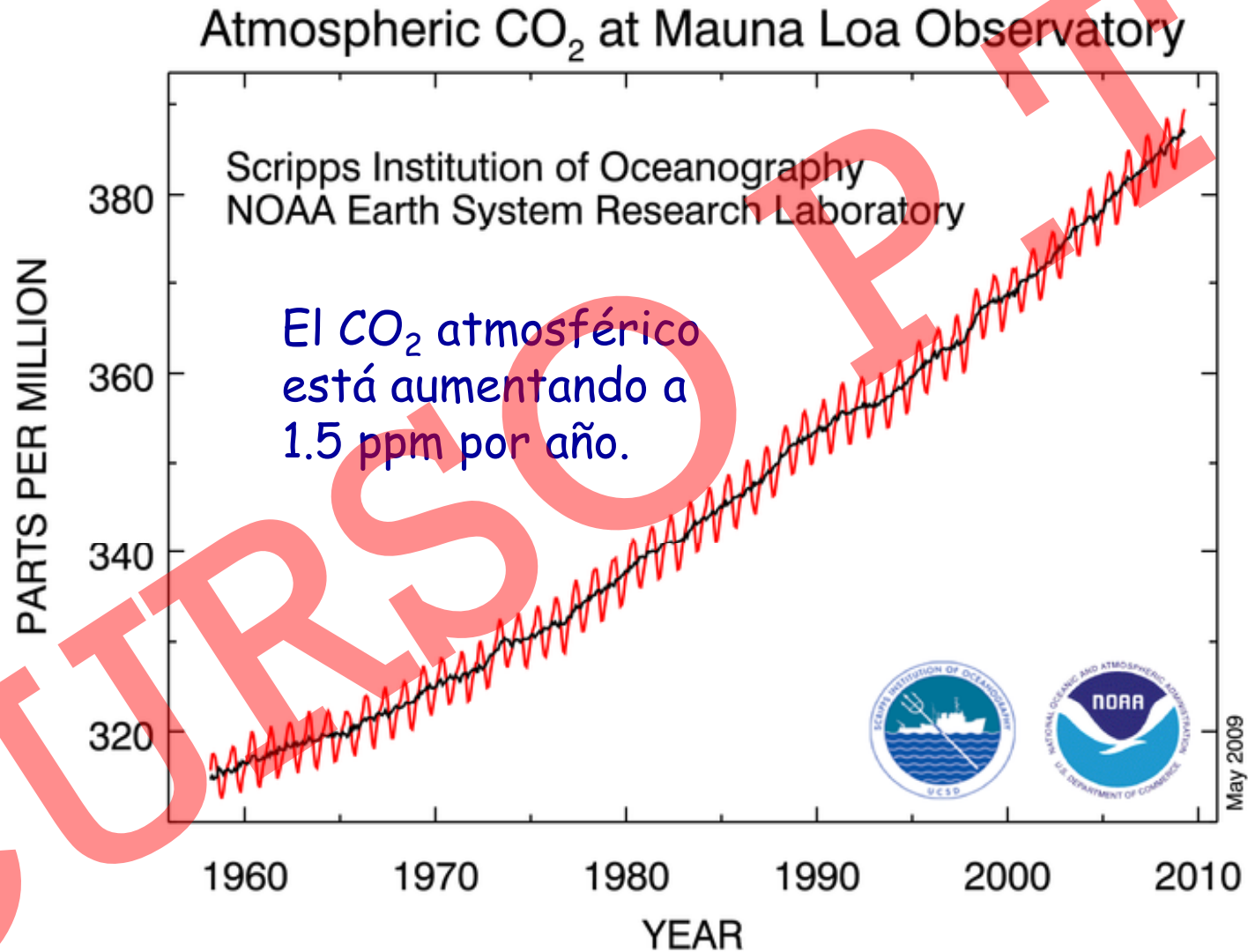


W (A,T,I)

Eficiencia de uso del agua (EUA)

Cultivo	EUA (g DM /kg H ₂ O)	Agua utilizada (g H ₂ O / g DM)	ET
Maíz	2.58	388	658
Sorgo	2.49	402	583
Papa	1.88	532	532
Remolacha	1.65	606	876
Trigo	1.63	613	473
Soja	1.42	704	599
Alfalfa	1.01	993	1112

Cambio climático global: aumento del CO₂



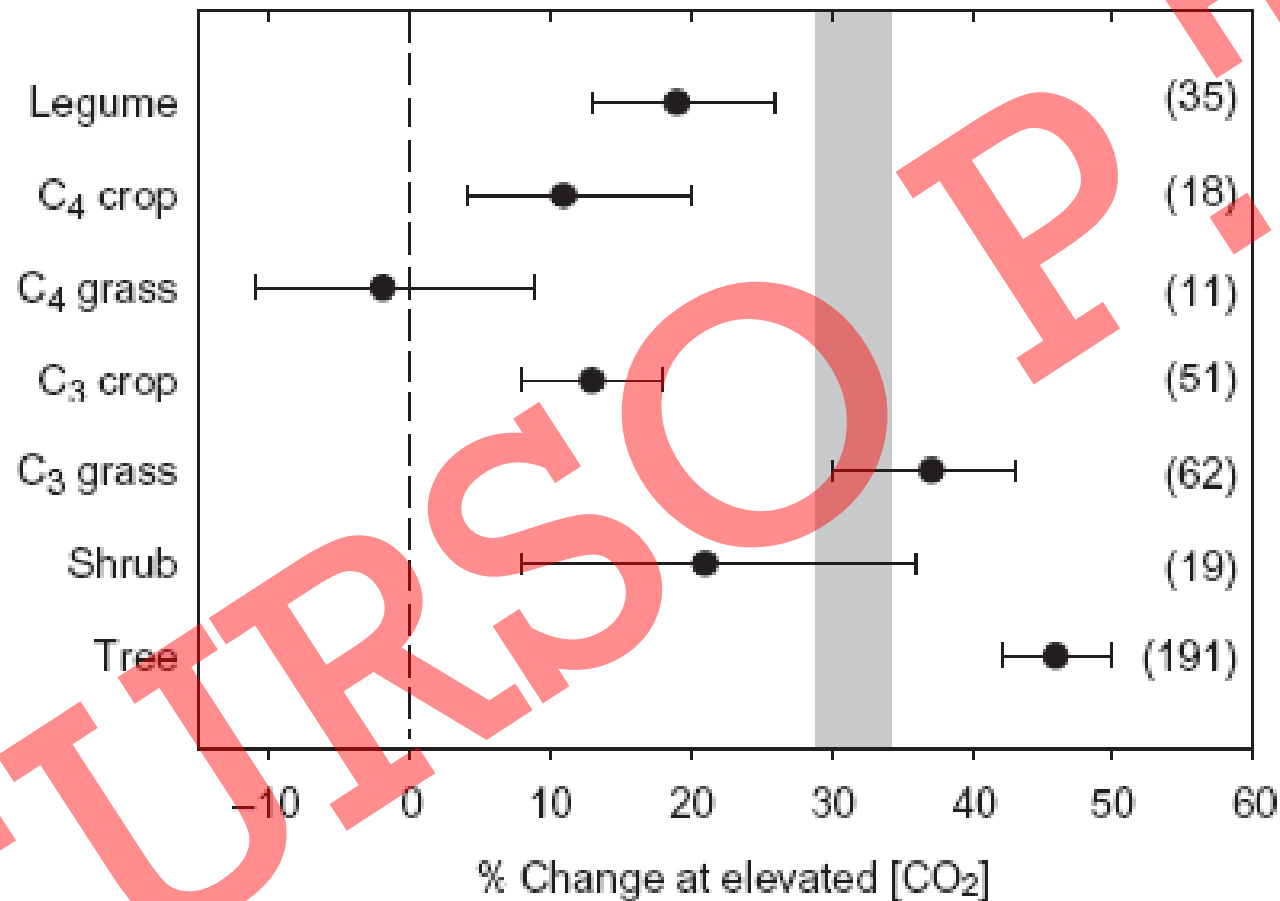
Sistema
FACE en
University
of Giessen:
Praderas
semi-
naturales



Túneles de gradiente de temperatura



Efectos del elevado CO_2 en la fotosíntesis a saturación de luz (Asat) en plantas C_3 y C_4 en condiciones de campo



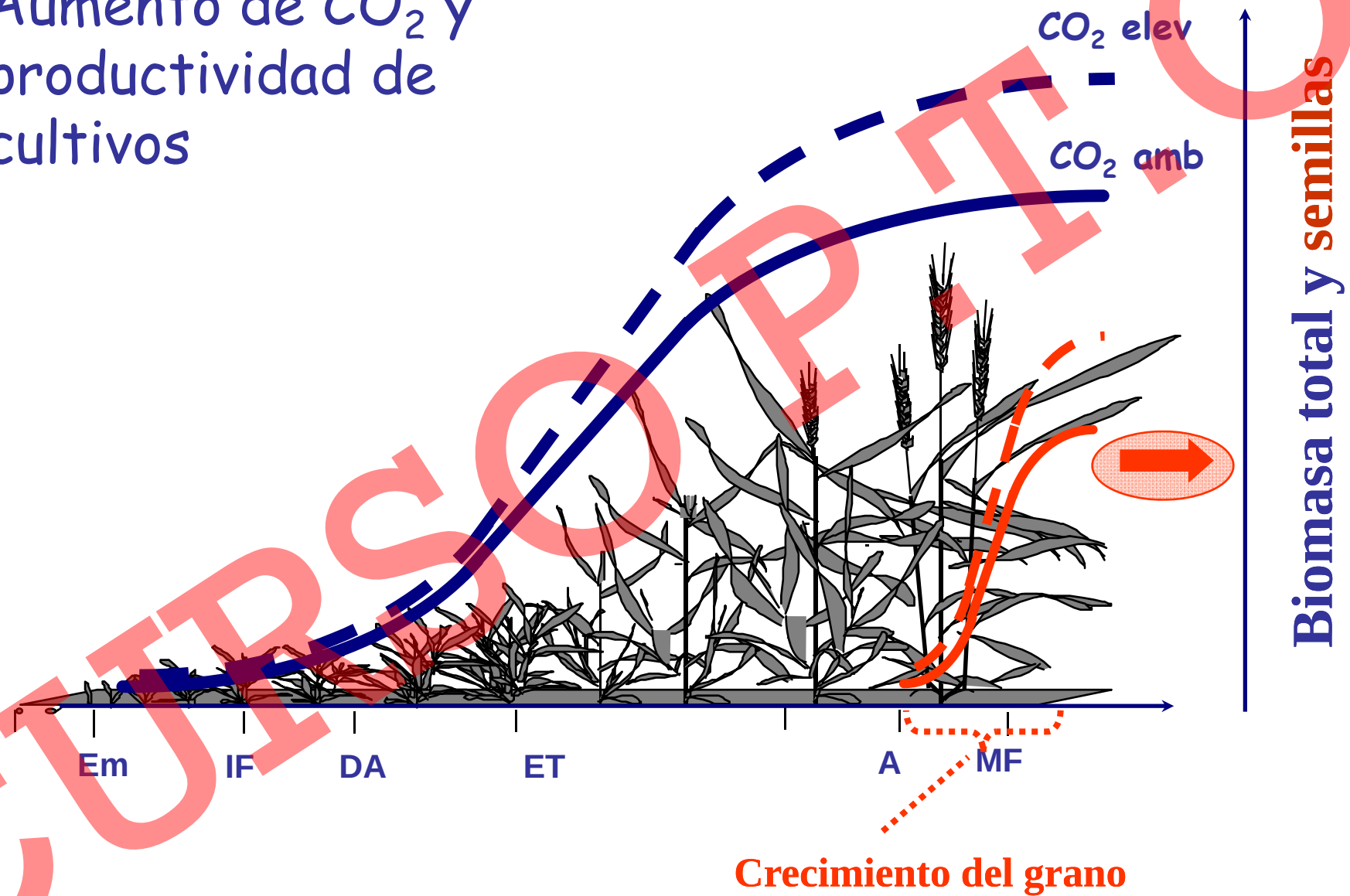
CO_2 elevado:

$567 \mu\text{mol mol}^{-1}$

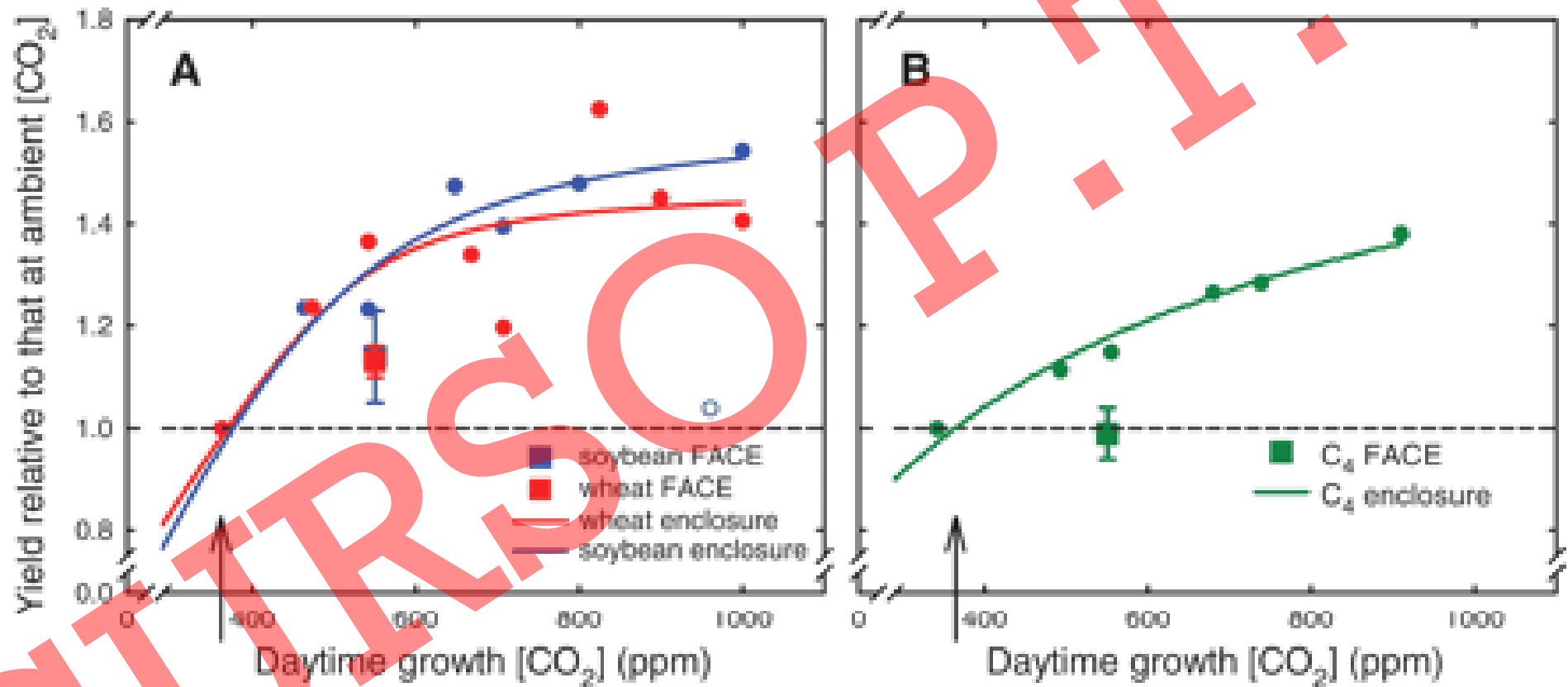
Ainsworth and Rogers (2007)

Plant, Cell and Environment (2007) 30, 258–270

Aumento de CO_2 y
productividad de
cultivos



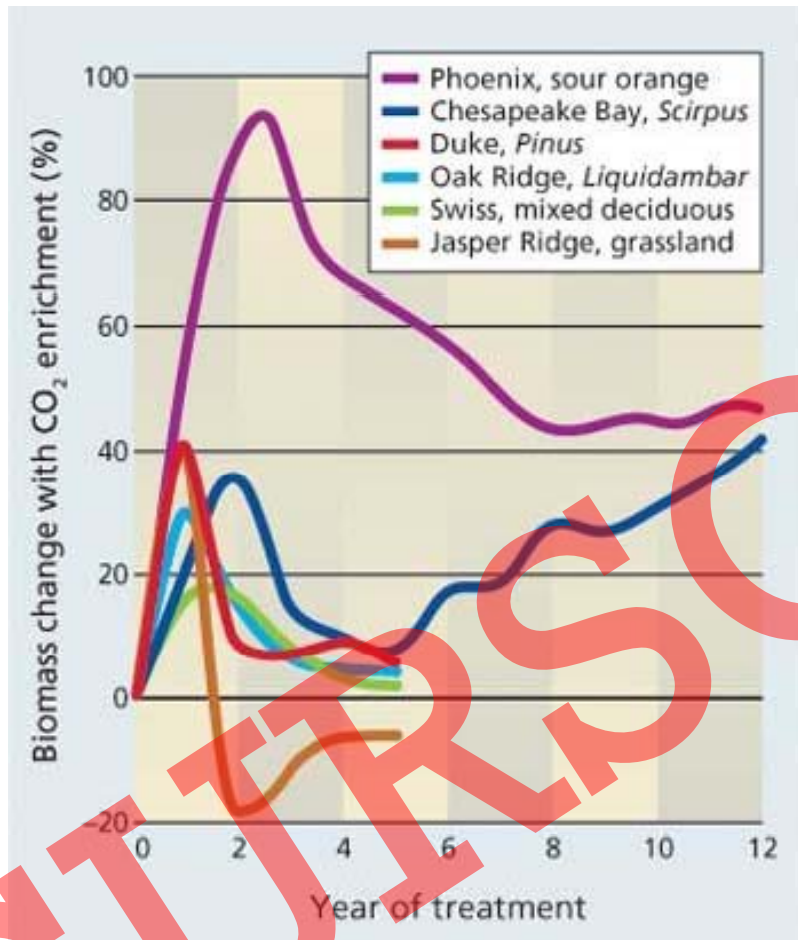
Efecto del CO_2 elevado en el rendimiento de A) trigo y soja; B) maíz



Long et al. (2006)

Science 30:Vol. 312. no. 5782, pp. 1918 - 1921

Crecimiento de plantas en elevado CO_2



Bloom (2009)



Agricultura orgánica vs convencional

- Cuales son las características de la agricultura orgánica en comparación con la convencional?
- Hay diferencias en el desarrollo, crecimiento y producción de cultivos en agricultura orgánica vs convencional?
- Cómo es la biodiversidad en agroecosistemas orgánicos y convencionales?
- Son menores los impactos ambientales de una agricultura orgánica en comparación con la convencional?

Parámetro	Agricultura orgánica	Agricultura convencional
Tamaño	- Pequeña-mediana escala	- Mediana-gran escala
Método	- Bajo en inputs (insumos, energía)	- Alto en inputs (insumos, energía)
Tecnología	- Utiliza insumos naturales - Mecanización media - Amigable con el ambiente - Alta sostenibilidad	- Utiliza insumos sintéticos - Mecanización media-alta - Poco amigable con el ambiente - Baja sostenibilidad
Mercado	- Local y de exportación - Productos limpios sin residuos químicos	- Local y de exportación - Productos con residuos de pesticidas

Desarrollo, crecimiento y producción de cultivos en agricultura orgánica y convencional

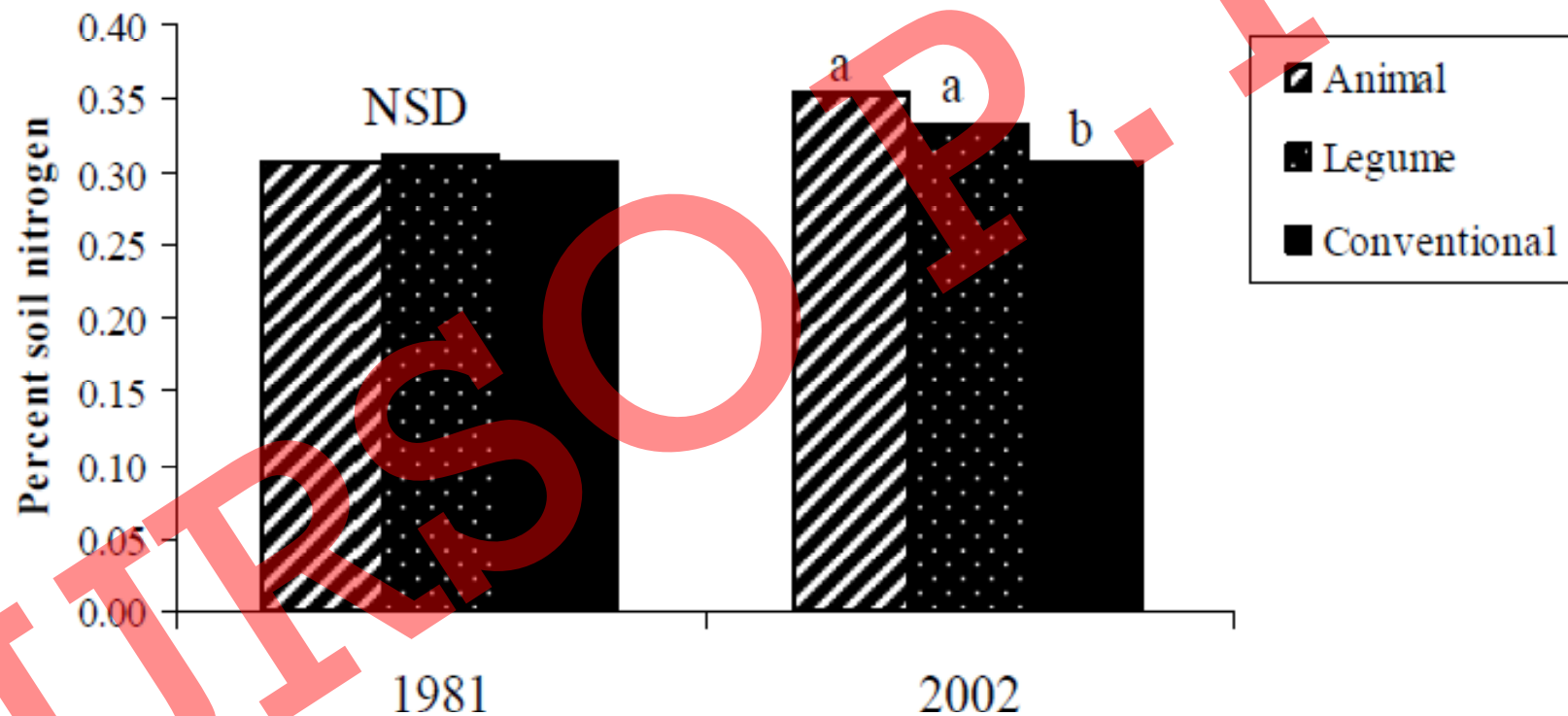
Parámetro	Agricultura orgánica	Agricultura convencional
Desarrollo	- No hay diferencias entre agricultura orgánica y convencional	
Crecimiento	-Depende del tipo de cultivo (ej. cereal o leguminosa) y del ambiente (riego o seco)	
Producción	-Inferior al potencial de rendimiento	-Inferior al potencial de rendimiento
Residuos en semilla o frutos	-Bajo o nulo	- Medio
Contenido de nutrientes en productos	- No hay diferencias entre agricultura orgánica y convencional	

Rendimientos de cultivos en agricultura orgánica y convencional (1981-2001 en Pensilvania)

Cultivo	Agricultura orgánica	Agricultura convencional
Maíz (ton/ha)	4,2 (1981-1985) 6,4 (1986-2001)	5,9 (1981-1985) 6,5 (1986-2001)
Soya (ton/ha)	2,4 (1981-2001)	2,5 (1981-2001)
Trigo/Avena (ton/ha)	2,7 (1981-2001)	2,9 (1981-2001)
Nitrógeno aplicado	2,7 ton/ha guano 170 kg N/ha	146 kg N/ha

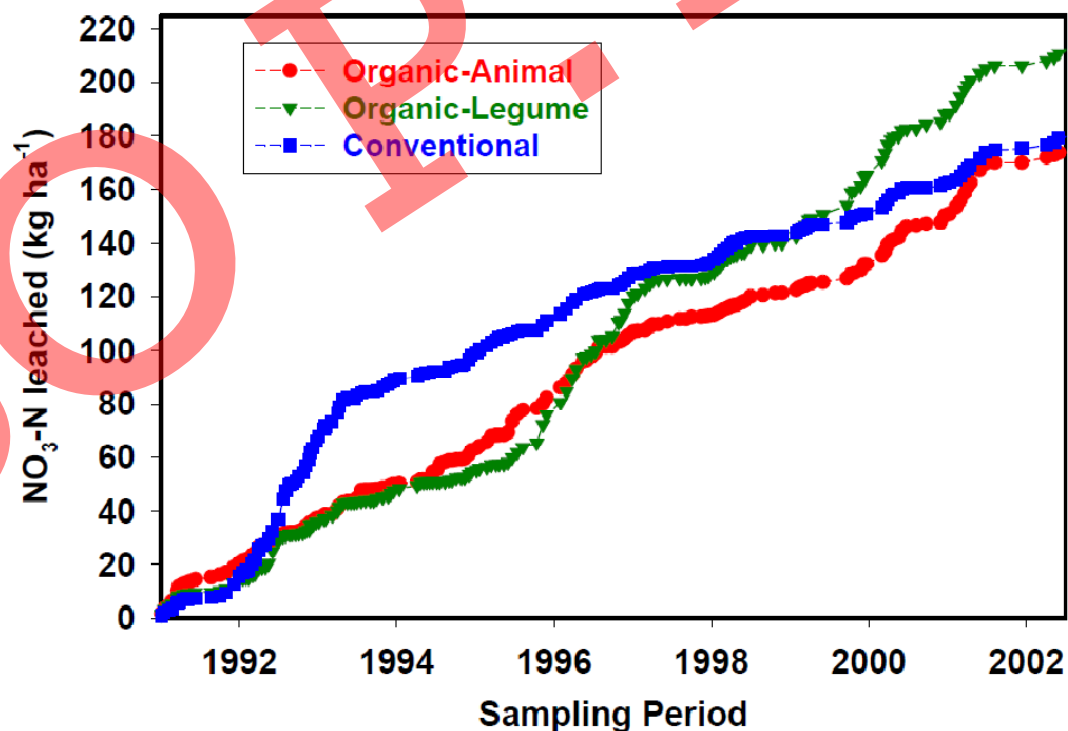
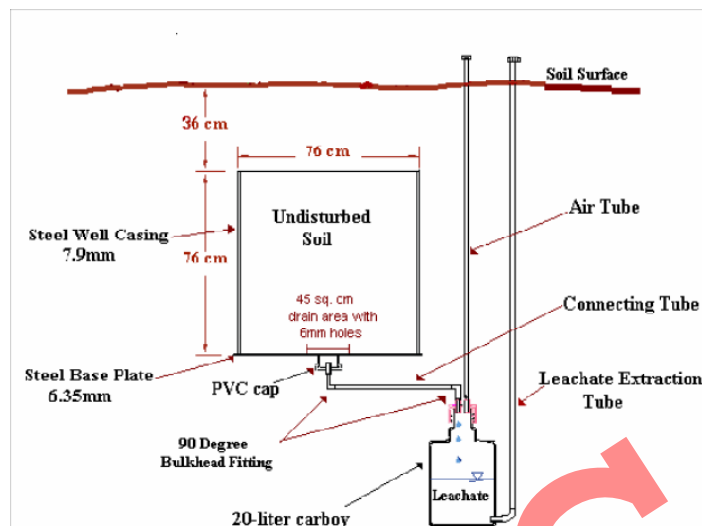
Pimentel et al. (2005)

Nitrógeno (%) en el suelo en agricultura orgánica y convencional (1981-2001 en Pensilvania)



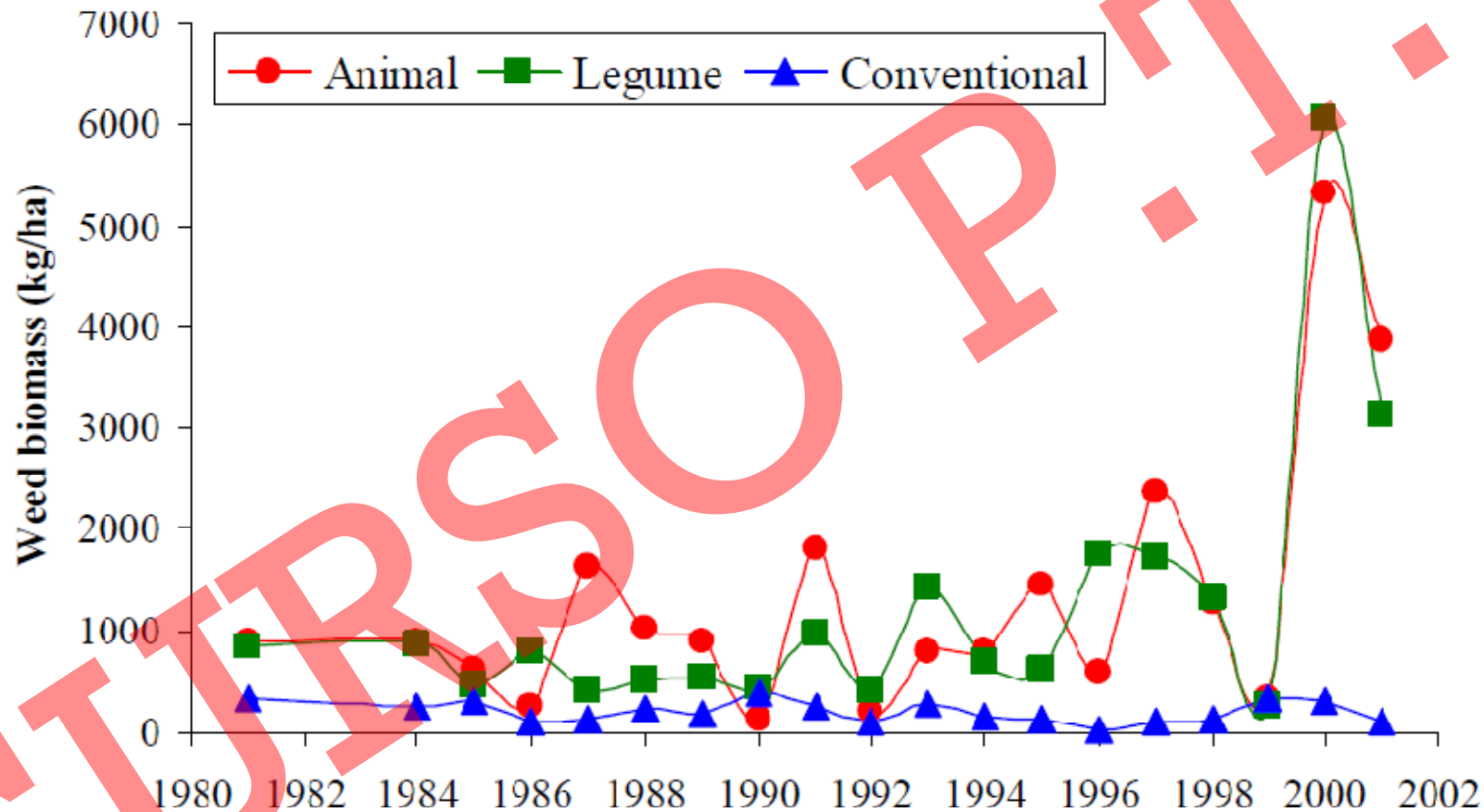
Pimentel et al. (2005)

Nitrato lixiviado (acumulado) en agricultura orgánica y convencional (1981-2001 en Pensilvania)



Pimentel et al. (2005)

Biomasa de malezas en agricultura orgánica y convencional (1981-2001 en Pensilvania)



Pimentel et al. (2005)

Número de estudios reportados en artículos científicos sobre nutrientes en productos de agricultura orgánica y convencional



Dangour et al. (2009)

Contenido de nutriente en productos de agricultura orgánica y convencional

Table 2: Comparison of content of nutrients and other substances in organically and conventionally produced crops¹

Nutrient category	All Studies			Satisfactory Quality Studies Only		
	Studies (n)	Comparisons (n)	Statistically higher levels in	Studies (n)	Comparisons (n)	Statistically higher levels in
Nitrogen	42	145	Conventional	17	64	Conventional
Vitamin C	37	143	No difference	14	65	No difference
Phenolic compounds	34	164	Organic	13	80	No difference
Magnesium	30	75	Organic	13	35	No difference
Calcium	29	76	No difference	13	37	No difference
Phosphorus	27	75	No difference	12	35	Organic
Potassium	27	74	No difference	12	34	No difference
Zinc	25	84	Organic	11	30	No difference
Total soluble solids	22	81	No difference	11	29	No difference
Titrateable acidity	21	66	No difference	10	29	Organic
Copper	21	62	No difference	11	30	No difference
Flavonoids	20	158	Organic	4	48	No difference
Iron	20	62	No difference	8	25	No difference
Sugars	19	95	Organic	7	32	No difference
Nitrates	19	91	No difference	7	23	No difference
Manganese	19	58	No difference	9	29	No difference
Ash	16	46	No difference	5	22	No difference
Dry matter	15	35	Organic	2	2	No difference
Specific proteins	13	127	No difference	7	43	No difference
Sodium	12	30	No difference	6	17	No difference
Plant non-digestible carbohydrates	11	40	No difference	3	18	No difference
β-carotene	11	32	No difference	3	9	No difference
Sulphur	10	28	No difference	6	17	No difference

¹Standardised percentage difference and robust standard error are presented in Appendix 12

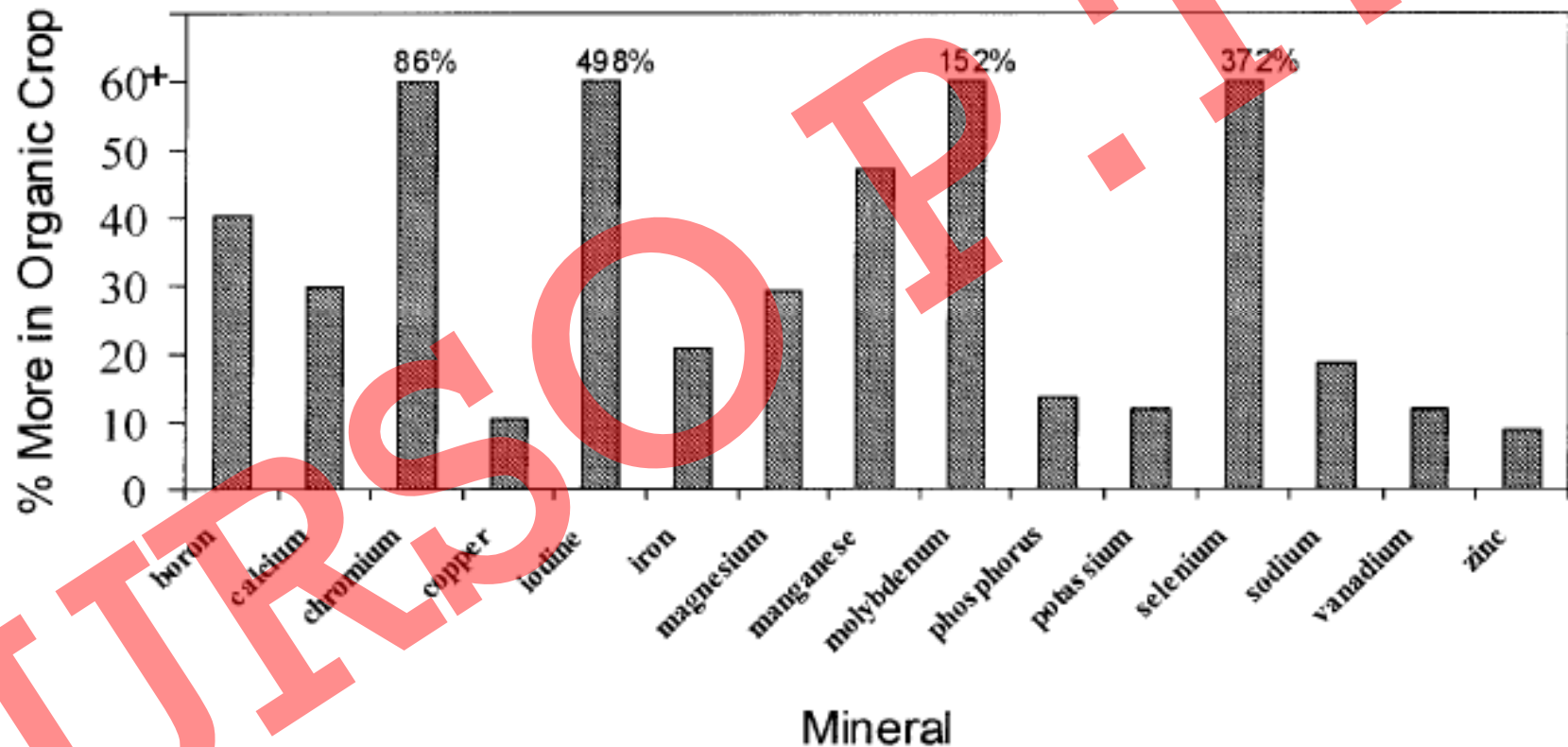
Dangour et al. (2009)

Contenido de nutriente en productos de cultivos de agricultura orgánica y convencional

TABLE 4. NUTRIENT CONTENT OF ORGANIC VERSUS CONVENTIONAL CROPS: MEAN PERCENT DIFFERENCE, LEVEL OF SIGNIFICANCE, NUMBER OF COMPARISONS, AND NUMBER OF STUDIES FOR STATISTICALLY SIGNIFICANT NUTRIENTS

Nutrient	Mean % difference*	Level of significance p	Range	Number of comparisons ⁺			No. of studies
				Organic higher	Organic lower	No difference	
Vitamin C	+27.0%	<0.0001	-100%–+507%	83	38	11	20
Iron	+21.1%	<0.001	-73%–+240%	51	30	2	16
Magnesium	+29.3%	<0.001	-35%–+1206%	59	31	12	17
Phosphorus	+13.6%	<0.01	-44%–+240%	55	37	10	18
Nitrates	-15.1%	<0.0001	-97%–+819%	43	127	6	18

Contenido de minerales en productos de agricultura orgánica y convencional



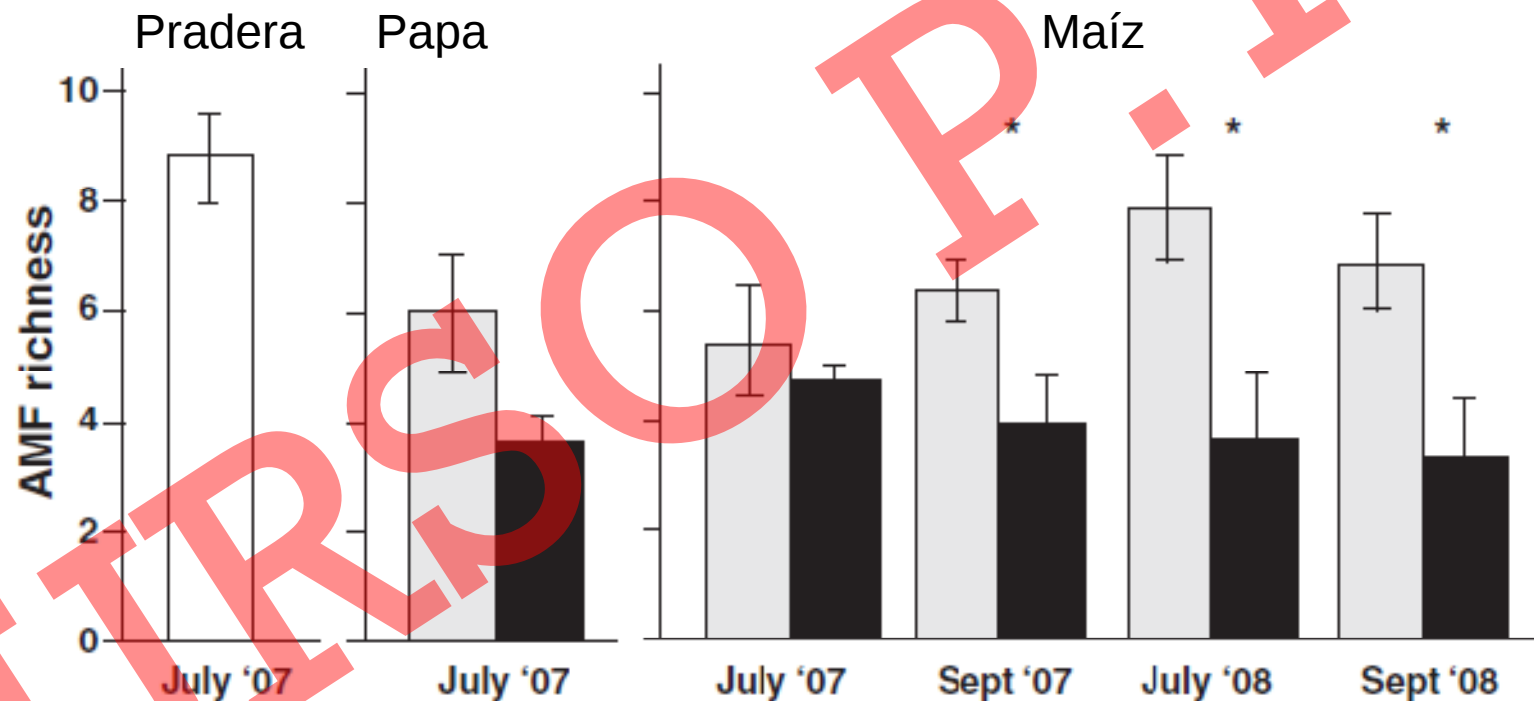
THE JOURNAL OF ALTERNATIVE AND COMPLEMENTARY MEDICINE
Volume 7, Number 2, 2001, pp. 161-173
Mary Ann Liebert, Inc.

Biodiversidad (N° de especies) en agricultura orgánica y convencional

Organismos	Agricultura orgánica vs convencional
Pájaros	Mayor en orgánica (en 3 de 3 estudios)
Artrópodos - insectos predadores - carábidos - artrop. no predadores	Mayor en orgánica (en 15 de 21 estudios) Mayor en orgánica (en 10 de 13 estudios) Mayor en orgánica (en 6 de 7 estudios)
Organismos del suelo	Mayor en orgánica (en 7 de 10 estudios)
Plantas	Mayor en orgánica (en 22 de 22 estudios)

Bengtsson et al. (2005)

Riqueza de micorrizas en campos bajo agricultura convencional y orgánica, en comparación con praderas naturales



Barras grises: Agric. Orgánica

Barras negras: Agric. Convencional

New Phytologist (2010) 186: 968–979

Abundancia de organismos en agricultura orgánica y convencional

Organismos	Agricultura orgánica vs convencional
Pájaros	Mayor en orgánica (en 12 de 12 estudios)
Artrópodos - insectos predadores - carábidos - artrop. no predadores	Mayor en orgánica (en 16 de 21 estudios) Mayor en orgánica (en 9 de 12 estudios) Mayor en orgánica (en 13 de 21 estudios)
Organismos del suelo	Mayor en orgánica (en 44 de 49 estudios)
Plantas	Mayor en orgánica (en 7 de 7 estudios)

Bengtsson et al. (2005)

Impactos ambientales de la agricultura orgánica y convencional

Variable	<u>Agricultura orgánica</u> Agricultura convencional
Materia orgánica en el suelo (%)	1,118 (166 comparaciones) → mayor en agric. orgánica
Lixiviados de Nitratos (kg/ha)	0,679 (59 comparaciones) → menor en agric. orgánica
Emisión de gases efecto Invernadero* (por ha) - CO ₂ , metano y óxido nítrico	0,571 (112 comparaciones) → menor en agric. orgánica

1 ton N₂O = 310 ton CO₂-equivalente

1 ton CH₄ = 21 ton CO₂-equivalente

Mondelaers et al. (2009)

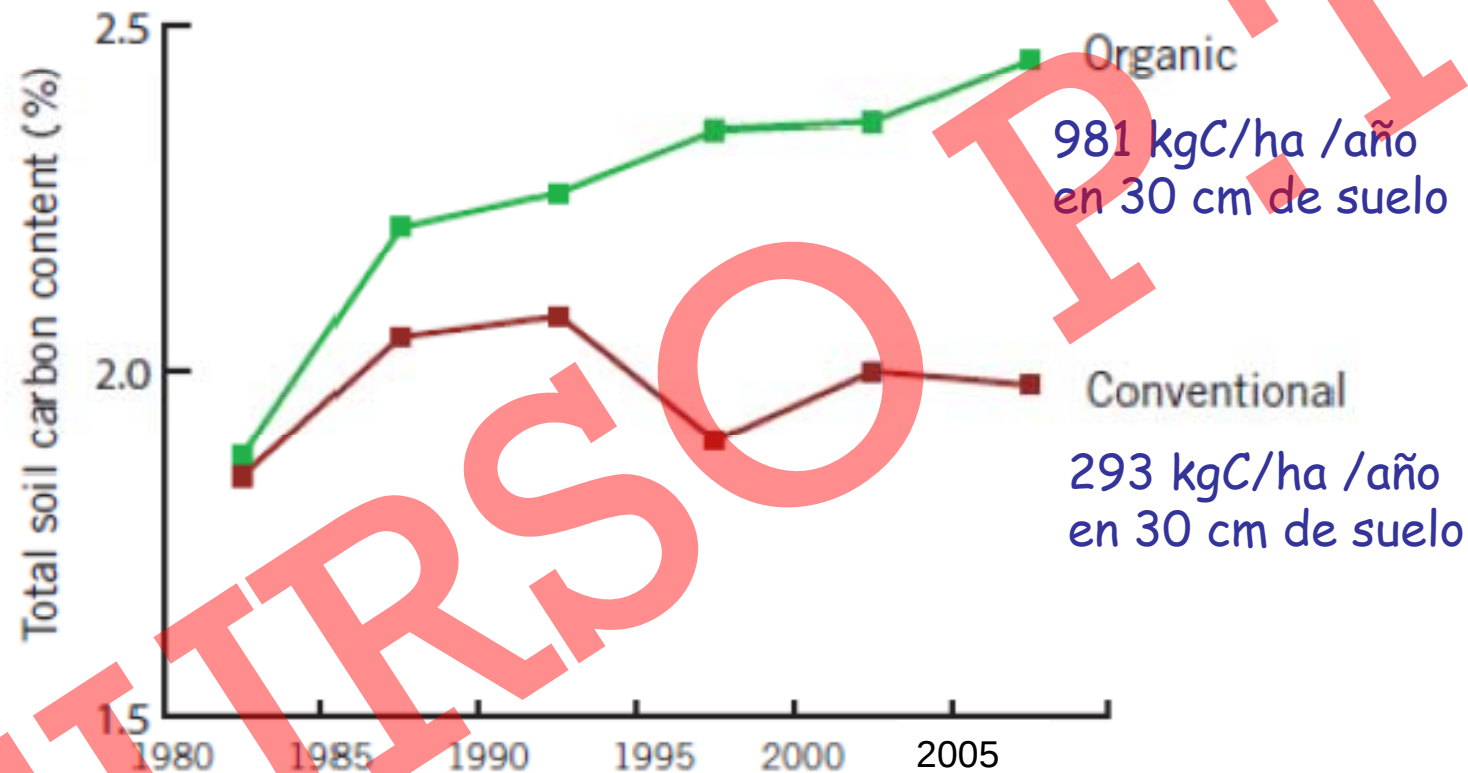
Carbono en el suelo en agricultura orgánica en comparación con agricultura convencional, en experimentos de largo plazo

Estudio	Nº años	C suelo	Referencia
Suecia	18	+32%	Kirchmann et al. 2007
FIBL, Suiza	28	+12%	Fliebbach et al; 2007
Alemania	18	+25%	Raupp & Oltmann, 2006
UCA, USA	10	+29%	Kong et al. (2006)
Michigan, USA	9	+9%	Robertson et al. (2000)

Soil Association (2009)

Carbono (%) en el suelo en agricultura orgánica y convencional (1981-2007 en Pensilvania)

Pimentel et al. (2005); Soil Association (2009)



Energía usada en producción orgánica vs convencional

Cultivo	Experimento	Energía	Referencia
Maíz Soja	Rodale Institute Farming Systems Trial (27 años)	-31% -17%	Pimentel et al. (2006)
Tr-Arv-Tr-Lino	Manitoba Glenlea Study (11 años)	-65%	Glenlea study site (2010)
Apple	Washington State University (7 años)	-14%	Reganold et al. (2001)
Trigo, papa, cebada, praderas	Switzerland RI of O.A. (10 años)	-20-56%	Hill (2009)
Damasco	Turkía (3 años)	+39%	Gündoğmuş (2006)



¡GRACIAS!